Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/traitedeperspect00pill

A

MON MAITRE

LE

COLONEL MANNHEIM

PROFESSEUR

A

L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Hommage de respectueuse amitié.

PRÉFACE DE LA TROISIÈME ÉDITION

Cette troisième édition du *Traité de Perspective linéaire* ne diffère des deux autres que par les nombreuses additions que l'auteur y a introduites.

La première partie (Ombres usuelles) comporte deux planches nouvelles empruntées à l'architecture.

La seconde (Le Rendu) s'est augmentée d'un assez grand nombre de dessins. Les uns (denticules, perles, antes, vases, balustres, colonnes, etc.) sont du domaine de l'architecture et de l'ornementation. Ils serviront surtout, à cause des tracés d'ombres qu'ils comportent, aux candidats au Professorat de dessin ; les autres visent le dessin de machines ; ils sont, pour la plupart, empruntés à l'enseignement de l'Ecole Polytechnique.

La troisième partie (Perspective linéaire) est celle qui a subi le plus d'additions. Les principales sont :

1° Les nombreuses applications faites d'après les modèles de la série officielle déjà indiqués comme ajoutés à la seconde partie ;

2° Une étude plus complète des *délinéateurs de convergence*, pour points de fuite inaccesibles ;

3° Un grand développement donné à la perspective d'observation et au dessin d'après nature ;

4° Un chapitre entièrement nouveau relatif aux appareils perspecteurs, chambre claire et autres appareils, du genre pantographe;

5° Un chapitre également nouveau sur la perspective théâtrale.

Toutes ces additions augmentent de moitié environ l'importance du volume.

Il a été tiré sur du papier beaucoup plus fort et il est imprimé sur deux colonnes, ce qui en rend la lecture bien plus facile.

Nous espérons que le public voudra bien faire à cette troisième édition un accuell aussi favorable qu'aux deux premières.

Nous tenons à remercier bien vivement la maison Hachette et Cie ainsi que la maison Nony et Cie de nous avoir permis de prendre chez elles une partie des planches qui accompagnent le dessin technique de Bécourt et J. Pillet et le dessin de paysage de H. Guiot et J. Pillet, édités par leurs soins.

Je remercie également mes collaborateurs et amis, MM. Bécourt et Guiot, de m'avoir permis de faire ces emprunts à notre domaine commun.

J. J. PILLET.

ENCYCLOPÉDIE DU DESSIN ET DE LA CONSTRUCTION

TRAITÉ

DE

PERSPECTIVE LINÉAIRE

PRÉCÉDÉ

DU

TRACÉ DES OMBRES USUELLES

(RAYON A 45 DEGRÉS)

ET DU

RENDU

DANS LE DESSIN D'ARCHITECTURE ET DANS LE DESSIN DE MACHINES

3me ÉDITION

Revue et considérablement augmentée

PAR

J.-J. PILLET

Inspecteur de l'Enseignement du dessin et des Musées, Professeur à l'Ecole des Beaux-Arts
au Conservatoire des Arts et Métiers, à l'Ecole des Ponts et Chaussées
et à l'Ecole spéciale d'Architecture, Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

PARIS

LIBRAIRIE DES ARTS DU DESSIN ET DE LA CONSTRUCTION

82, Rue de Rennes, 82

1901

TOUS DROITS RÉSERVÉS

DROITS DE TRADUCTION ET DE REPRODUCTION RÉSERVÉS

Le dépôt légal de cet ouvrage a été fait au Ministère de l'Intérieur

dans le mois de Mai 1901.

BAR-LE-DUC. — IMPRIMERIE ET LITHOGRAPHIE COMTE-JACQUET. — FACDOUEL, DIR.

RUE DE LA ROCHELLE, 58

PREMIÈRE PARTIE

LES OMBRES USUELLES

(*Rayon à 45°*)

CHAPITRE PREMIER

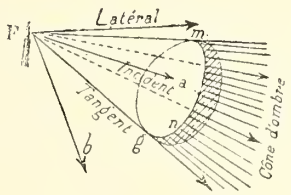
GÉNÉRALITÉS

§ I. — Définitions

1. Différentes sources de lumière. — La théorie des ombres a pour but, connaissant la position d'une ou de plusieurs sources de lumière, de déterminer sur la surface des corps les portions de ces surfaces qui sont éclairées et celles qui, ne l'étant pas, sont dites : *dans l'ombre.*

On nomme *rayon lumineux* la ligne droite suivant laquelle, dans un milieu homogène, se propage la lumière.

Fig. 1



La lumière est dite *au flambeau* (fig. 1) lorsque la source lumineuse est à distance finie. Elle est dite *au soleil*, lorsque la source est à une distance suffisamment grande pour que les rayons lumineux puissent être considérés comme parallèles entre eux (fig. 2).

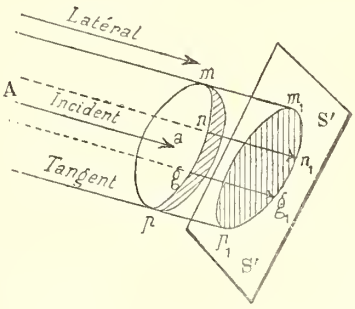
Lorsqu'un corps est en présence d'une source lumineuse, les rayons qui émanent de cette dernière se classent, par rapport à l'objet, en trois catégories :

1° Les rayons *incidents* qui sont arrêtés par la surface de l'objet et qui l'éclairent, plus ou moins, suivant leur angle d'incidence (v. plus loin Théorie du rendu);

2° Les rayons *latéraux* qui passent à côté de l'objet et vont en éclairer d'autres ;

3° Les rayons *limites* ou *tangents* qui servent de transition entre les deux précédents.

Fig. 2



Ces derniers sont les plus importants à considérer. Si la surface est complète, ils lui sont tangents et forment par leur ensemble un cône circonscrit à la surface et que l'on nomme le *cône d'ombre*, dans le cas d'un flambeau (fig. 1); ou un cylindre circonscrit qui est le *cylindre d'ombre* de la surface (fig. 2), dans le cas de la lumière au soleil.

La ligne de contact *mng* de ce cône ou de ce cylindre se

nomme la *séparatrice* d'ombre et de lumière. La partie dans l'ombre se nomme *l'ombre propre* de la surface.

Si la surface est limitée par un contour linéaire, si c'est un disque par exemple ou un polyèdre, dans ce cas les rayons limites ne sont plus tangents dans l'acception rigoureuse du mot; ils passent par la ligne de délimitation du contour ou par certaines arêtes du polyèdre, que l'on apprend à reconnaître.

Le problème des ombres et celui de la perspective ou des projections sont une seule et même question.

Si l'on imagine, en effet, au lieu d'une source de lumière, un point de vue, les rayons lumineux deviennent des rayons visuels.

Les rayons lumineux tangents, qui déterminent la *séparatrice d'ombre*, deviennent les rayons visuels de *contour apparent :* en les prolongeant (fig. 2) jusqu'à une surface (plane ou autre) et en les y arrêtant ils donnent dans le premier cas *l'ombre portée* de la première surface sur la seconde prise comme *écran*, dans le second l'*image* de la première sur la seconde prise comme *tableau*.

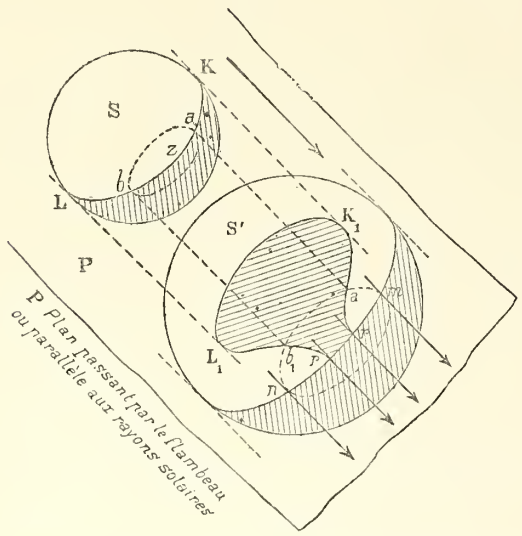
Le problème des ombres, dans le cas de la lumière au soleil, est identique à celui des projections obliques, c'est-à-dire de la *perspective cavalière*, et l'ombre portée par un objet sur un plan n'est autre chose qu'une perspective cavalière de cet objet sur ce plan.

§ II. — Les trois méthodes générales pour la recherche des ombres

Les méthodes pour la recherche des ombres se ramènent à trois :

2. **Méthode des plans sécants** (fig. 3). — Soient deux surfaces en présence S et S′. On les coupe toutes deux par des plans susceptibles de contenir des rayons lumineux, c'est-à-dire passant par le flambeau, ou parallèles aux rayons lumineux, dans le cas du soleil.

Fig. 3



On obtient ainsi deux courbes auxiliaires; une dans chaque surface. On mène à chacune d'elles des tangentes lumineuses, ce qui donne en a et b, sur la première courbe, et en m et n, sur la seconde, des points des séparatrices.

Les premières tangentes en a et b, prolongées, rencontrent la seconde courbe en a_1 et b_1, ce qui donne des points de l'ombre portée par la première surface sur la seconde.

On répète l'opération autant de fois qu'il est nécessaire et, en joignant les points de même espèce par des courbes continues, on obtient en KabL, puis en $mppn$ les deux séparatrices et en K$_1ppb_1$L$_1$ l'ombre portée par S sur S′.

Nota. — Les points p et p, où l'ombre portée se perd dans l'ombre propre, se nomment des *points de perte*. Ils n'existent pas toujours. (Voir fig. 4.) Dans ce dernier cas l'ombre est dite *fermée*, et dans le premier elle est dite *ouverte*. Nous donnons plus loin l'énoncé d'un théorème sur les tangentes aux points de perte de la courbe d'ombre portée.

Cette méthode est, en général, d'une application pénible. Elle convient très bien pour trouver certains points particuliers des lignes d'ombre.

3. **Méthode des surfaces circonscrites.** — Soit une surface (une sphère, par exemple, pour fixer les idées) dont on veut déterminer la séparatrice (fig. 5).

On lui circonscrit une surface plus simple, un cône par

Fig. 4

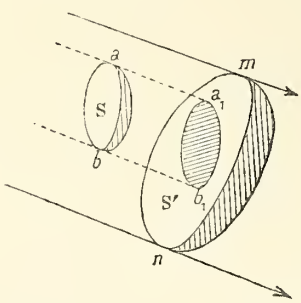
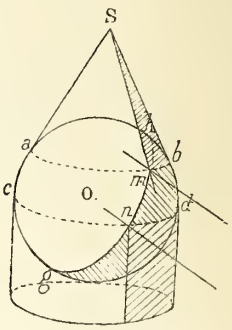


Fig. 5



exemple, dont nous supposons que l'on sache trouver facilement la séparatrice Sm (droite, dans le cas du cône) ; le point m où cette droite rencontre la courbe de contact ab du cône et de la surface est un point de la séparatrice de cette dernière. (Évident.) On pourrait prendre un cylindre tangent le long de la courbe cd qui donnerait en n un

autre point de la séparatrice. En joignant par une courbe continue les points m, n, etc..., on aura la séparatrice cherchée.

Remarque. — Sauf pour des points tout à fait particuliers, la séparatrice Sm de la surface circonscrite auxiliaire

Fig. 6

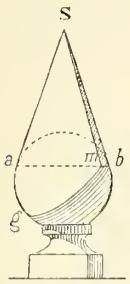
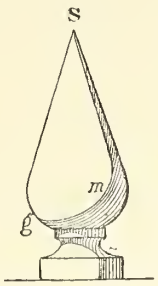


Fig. 7



n'est pas tangente à celle *hmng* de la surface donnée. Autrement dit : il ne suffit pas que deux surfaces se raccordent pour que leurs lignes d'ombre propre se raccordent également (fig. 6). On prouve, en géométrie descriptive, qu'il faut de plus, pour qu'il y ait raccordement des lignes d'ombre, que les surfaces soient *osculatrices*.

Il y aurait raccordement (fig. 7) si le profil était tracé à la main, comme on doit toujours le faire en architecture.

4. **Méthode des projections obliques.** — Soient (fig. 8) deux surfaces S et S′, sur lesquelles on veut faire toutes les recherches d'ombres indiquées ci-dessous.

(*a*) *Ombre propre de la surface S.*

1° On trace sur la surface S une série de courbes, N° 1, N° 2, N° 3, convenablement choisies, c'est-à-dire choisies aussi simples que possible : Si la surface est réglée, on choisira les génératrices rectilignes ; si la surface est de révolution, on prendra les cercles qui constituent les parallèles, etc.

2° On prend arbitrairement une surface auxiliaire, ordinairement un plan Z, sur lequel on cherche en N° 1′, N° 2′, N° 3′ les ombres portées par ces courbes.

On démontre facilement, comme on le fait pour les contours apparents, que l'ombre portée totale de la surface S est l'enveloppe (1) des ombres N° 1′, N° 2′, N° 3′ portées par les courbes choisies.

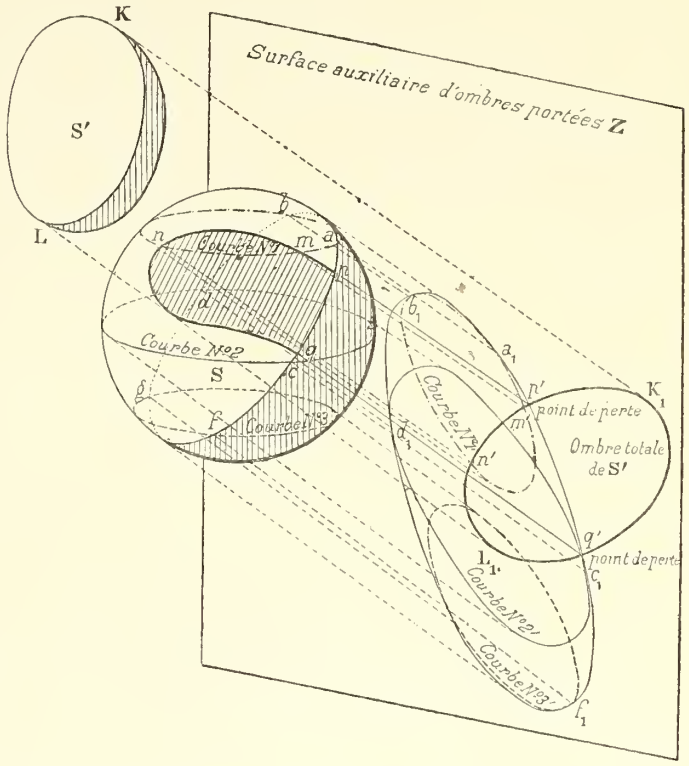
3° On trace donc cette enveloppe, tangente aux ombres portées auxiliaires, N° 1′, N° 2′..... et cela donne l'ombre totale portée par la surface S sur le plan auxiliaire Z.

4° On détermine les points de contact a_1, $b_1 - c_1$, $d_1 - f_1$, etc... de l'enveloppe avec les enveloppées, et remontant, par des *rayons lumineux inverses*, de ces points aux courbes de l'espace, on obtient en a, b, c, des points de la séparatrice de la surface S.

(*b*) *Ombre portée par la surface S′ sur la surface S.*

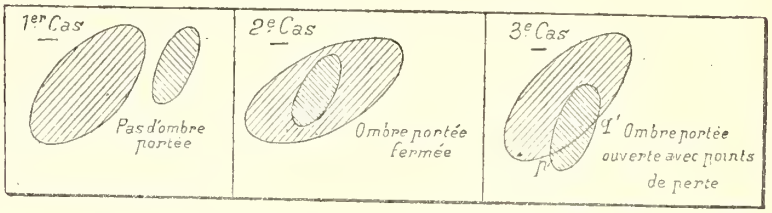
1° On cherche comme ci-dessus l'ombre totale portée par la surface S′ sur le plan auxiliaire. (La figure n'indique pas les constructions faites à cet effet.)

Fig. 8



2° On prend les points de rencontre m', n'... de cette seconde ombre portée avec les ombres partielles N° 1′, N° 2′, etc... des courbes de la surface S et, remontant, par des rayons lumineux inverses, de ces points aux courbes de l'espace, on obtient en m, n.. des points de l'ombre portée cherchée.

Fig. 9



(*c*) *Points de perte.* — Les points p' et q', où se coupent les ombres portées totales sur le plan Z, permettent, comme l'indique la figure, 8 de remonter aux points de perte p et q sur la surface S.

(*d*) *Nota.* — Nous démontrerons au n° 6, théorème 2, qu'en ces points de perte p et q, la courbe d'ombre portée, *pmnq*, doit être tangente aux rayons lumineux.

(1) L'enveloppe d'une série de courbes est une autre courbe tangente à chacune des autres.

(*e*) *Remarques.* — 1° Cette méthode est générale ; c'est celle dont l'application est ordinairement la plus facile. Le plan auxiliaire, au lieu d'être choisi arbitrairement, peut être fourni par l'épure même. Au lieu d'un plan on pourra prendre toute autre surface auxiliaire : un cône, un cylindre.... Il est rare que dans les applications il n'y ait pas des surfaces sur lesquelles les ombres portées soient demandées. Dans ce cas, ces surfaces serviront d'auxiliaires pour l'application de la méthode des projections obliques.

2° L'aspect des ombres portées auxiliaires (fig. 9) permet de reconnaître les divers cas de l'ombre portée dans l'espace.

Dans le premier cas, la surface S′ ne porte pas d'ombre sur S.

Dans le second cas, l'ombre portée est fermée, sans points de perte.

Dans le troisième cas, l'ombre portée est ouverte et il y a deux points de perte répondant aux points p' et q'.

§ III. Les trois théorèmes généraux

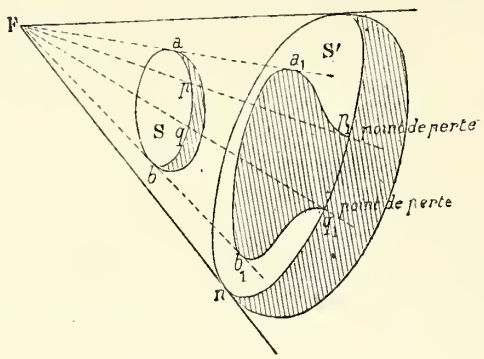
5. Théorème des contours apparents.

Le contour apparent d'une surface, sa séparatrice, et sa courbe d'ombre portée sur toute autre surface, ont, en projection ou en perspective, des tangentes lumineuses (1) *communes.*

On voit ce théorème observé sur les figures 3, 4, 8 ainsi que sur la figure 10 ci-contre. (Démonstration facile à faire.)

Il faut remarquer que (fig. 10), aux points a_1 et b_1 l'ombre portée n'est tangente au rayon lumineux qu'en apparence : c'est-à-dire que la tangence ne se produit que pour la projection ou pour la perspective. Dans l'espace, il n'y a pas tangence. Il en est de même aux points a et b pour la séparatrice de la surface S et pour le rayon lumineux.

Fig. 10



6. Théorème des points de perte. (Fig. 10.)

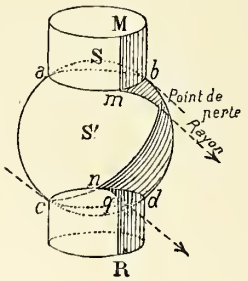
En tout point de perte, p_1 ou q_1, d'une ombre portée dans une ombre propre, la tangente à l'ombre portée est le rayon lumineux, non seulement en projection mais encore dans l'espace.

En effet ce rayon est une génératrice du cylindre (2) d'ombre de la surface qui porte ombre et, par suite, il appartient au plan tangent à ce cylindre. D'autre part il appartient aussi au plan tangent à la surface qui reçoit l'ombre, puisque le point de perte est sur la séparatrice de cette dernière. Il est donc l'intersection de ces deux plans tangents et, par suite, il est la tangente à la courbe d'ombre portée, qui n'est autre chose que l'intersection du premier cylindre d'ombre et de la seconde surface. On voit le théorème du point de perte observé aux figures 3, 8 et 10. Ce théorème ne subit d'exception que dans le cas, très particulier, où les deux points de perte se rapprocheraient et arriveraient à se confondre en un seul (1).

7. Théorème des surfaces qui se coupent. (Fig. 11.)

Lorsque deux surfaces se coupent suivant une courbe a, b, l'ombre portée par la première sur la seconde, commence au point m où la séparatrice de la première rencontre l'intersection, et, en ce point, elle est tangente à cette intersection.

Fig. 11



En effet, en m, la tangente à la courbe d'intersection, ab, est l'intersection des plans tangents aux deux surfaces. La tangente à l'ombre portée, en ce même point m, est l'intersection du plan d'ombre de la première surface en m (lequel est aussi tangent à cette surface), avec le plan tangent à la seconde. Les deux mêmes plans donnent donc par leur intersection, à la fois, la tangente à la courbe ab et celle à la courbe mq. Donc ces deux tangentes ne sont qu'une seule et même droite, ce qu'il fallait démontrer.

L'application de ces trois théorèmes permet dans beaucoup de cas, en ne cherchant qu'un nombre très restreint de points des lignes d'ombre, de les tracer cependant avec beaucoup de précision et dans leurs véritables mouvements.

(1) Par abréviation, une tangente lumineuse est une tangente qui passe par la source lumineuse.

(2) Ou du cône. Sur la figure 10 c'est un cône d'ombre.

(1) Dans ce cas, les cordes communes aux indicatrices du cylindre d'ombre et de la surface, donneraient les tangentes à la courbe d'ombre portée. On le démontre dans les cours de géométrie descriptive supérieure.

CHAPITRE II

OMBRES PORTÉES SUR DES PLANS DE FRONT ET APPLICATIONS

§ I. — Ombres portées sur un seul plan de front

Avertissement. — Le lecteur est supposé bien connaître la géométrie descriptive ; c'est pourquoi, afin de ne pas trop charger le texte, nos explications seront très concises.

8. Le rayon à 45°, et son rabattement à l'angle φ. — En dessin géométrique, on considère les rayons lumineux comme émanant du soleil. Ils sont donc parallèles entre eux et, de plus, on les choisit parallèles à la diagonale d'un cube (fig. 12) qui aurait deux de ses faces parallèles aux

Fig 12

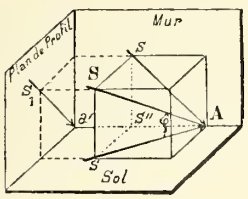
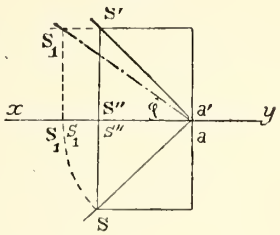


Fig. 13



plans de projection et, par conséquent, une troisième face de profil. — On nomme quelquefois ce cube, le *cube de lumière*.

Ce rayon a pour principal avantage de faire des angles égaux avec les plans de projection sur lesquels on figure les élévations, les plans et les coupes des objets. Nous désignerons cet angle par la lettre grecque φ.

Les projections font (fig. 13) des angles à 45° avec la ligne de terre ; mais il importe de remarquer que le rayon lumineux ne fait pas des angles de 45° avec les plans de projection. Pour avoir ces angles en vraie grandeur, il faut faire le rabattement suivant :

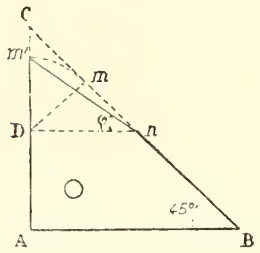
Rabattement du rayon a 45°. — Si on rabat le rayon lumineux en $a'S_1$ sur le plan vertical (fig. 13), il fait alors avec la ligne de terre l'angle φ.

On a : $\text{Tang.}\,\varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$, d'où on déduit par des calculs trigonométriques faciles à effectuer :

$$\text{Sin.}\,\varphi = \frac{\sqrt{3}}{3}, \qquad \text{Cos.}\,\varphi = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \qquad \text{et} \qquad \text{Cos.}\,2\varphi = \frac{1}{3}.$$

Équerre a l'angle φ. — La figure 14 donne le dessin d'une équerre à l'angle φ, très utile pour les tracés d'ombres usuelles. On fera bien de construire soi-même une équerre de ce genre.

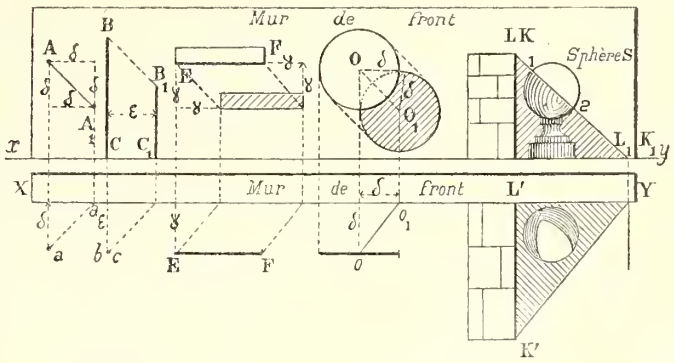
Fig. 14



9. Ombre portée sur un plan de front par un point et par une droite dans différentes positions :

(*a*) *Par un point :* Soit A*a* (fig. 15) un point situé à une distance, $\delta = 20^{mm}$, d'un plan de front XY. On a en A_1a_1 son ombre portée sur le mur : elle est obtenue en cherchant la trace verticale (A_1) du rayon lumineux issu du point *a*A.

Fig. 15



On remarque que l'ombre A_1, en élévation, est située à *droite* et *au-dessous* de A (élévation du point) à une distance égale à la saillie ($\delta = 20^{mm}$) du point A en avant du mur de front. De telle sorte que la connaissance de cette saillie, δ, suffit seule, sans avoir recours au plan, pour trouver l'ombre portée en élévation.

(*b*) *Par une droite verticale* BC et

(*b'*) *par une droite fronto-horizontale* EF.

La première BC porte ombre en B_1C_1 à une distance à *droite* de son élévation égale à la saillie ; pour la seconde c'est *au-dessous* de son élévation qu'il faut compter la saillie.

(*c*) *Par une figure plane de front* (un cercle O par exemple).

Cette figure porte ombre en vraie grandeur. Cette ombre s'obtient en déplaçant l'élévation *à droite* et en *dessous*, de deux longueurs successivement égales à la saillie de la figure de front.

Pour un cercle, en particulier, il suffit de chercher comme ci-dessus, en O_1, sans se servir du plan, et en n'uti-

Fig. 16

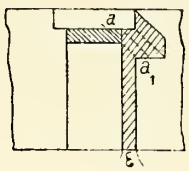
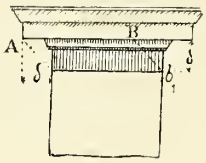


Fig. 17

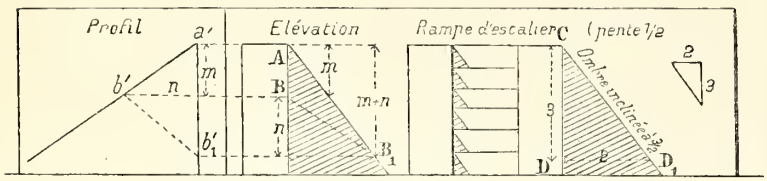


lisant que la saillie, l'ombre du centre et de tracer, de O_1 comme centre, un cercle égal au cercle donné (Applications : fig. 16 et 17, ombres d'un larmier).

(*d*) *Par une droite debout* (1) (fig. 15) ; soit par exemple l'arête LK d'un mur perpendiculaire au plan vertical.

Le plan d'ombre d'une pareille droite est lui-même perpendiculaire au plan vertical et, par suite, l'ombre c'est-à-dire son intersection avec le mur et même avec tout autre objet, une sphère par exemple, se projette suivant une droite qui, se confondant avec la projection des rayons lumineux, est une ligne *droite* à 45°.

Fig. 18



(*e*) *Par une droite de profil*, inclinée sur le plan horizontal à la pente $\frac{m}{n}$ (fig. 18).

Il est facile de voir, en cherchant l'ombre portée AB_1, que cette droite est inclinée, par rapport à l'horizontale, à la pente $\frac{n+m}{m}$; c'est-à-dire à $n+m$ de hauteur pour m de base.

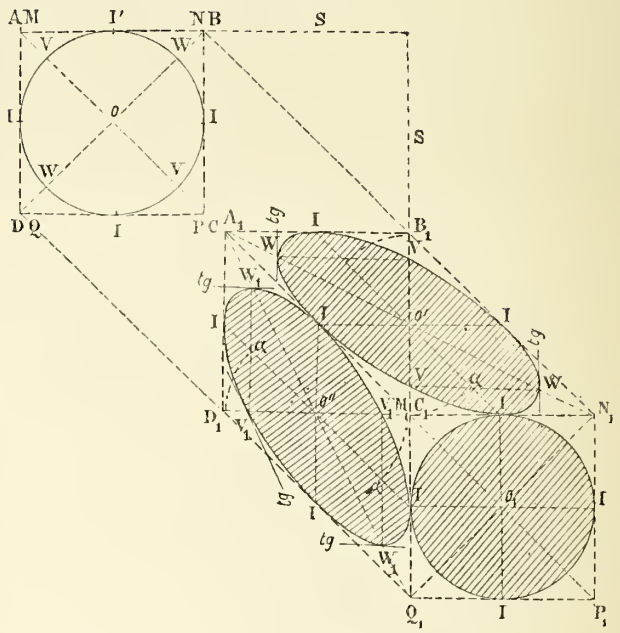
Exemple : Une droite de bout. Sa pente est nulle et égale à zéro ; la pente de son ombre est donc égale à $\frac{1}{1}$, c'est-à-dire qu'elle est inclinée à 45°, ce que nous avons vu plus haut.

Une droite de profil à 45°, c'est-à-dire inclinée à une pente $\frac{1}{1}$, aurait son ombre inclinée à la pente $\frac{1+1}{1} = \frac{2}{1}$.

Une rampe d'escalier (fig. 18) est en général inclinée à la pente $\frac{1}{2}$: La pente de son ombre est donc $\frac{2+1}{2} = \frac{3}{2}$ (3 de hauteur pour 2 de base). Ce dernier résultat est important à retenir pour le dessin d'architecture.

10. **Ombres portées par un cube et par un cercle, sur un plan de front.** — Le plus ordinairement un cercle se présente de front, de niveau ou de profil.

Fig. 19



Supposons que nous ayons inscrit un cercle dans 3 des faces d'un cube, dont l'élévation serait ABCD (fig. 19). Cherchons d'abord l'ombre portée par le cube. Soit ABCD la face la plus rapprochée du mur, et MNPQ la face la plus éloignée.

On connaît, je suppose, la saillie de la face la plus rapprochée du mur. On en déduit, comme ci-dessus, en $A_1B_1C_1D_1$ en portant la saillie S à droite, puis en-dessous, l'ombre de cette face ; c'est un carré. Cela fait :

Le carré le plus en avant MNPQ ayant une saillie plus grande que celle du précédent de toute la longueur du côté du cube, on aura son ombre, $M_1N_1P_1Q_1$, en déplaçant le précédent carré en *dessous* et à *droite* de deux longueurs successivement égales à ce côté.

Cela met les deux diagonales A_1C_1 et M_1P_1 en prolongement l'une de l'autre et fait coïncider les 2 sommets M_1 et C_1.

(1) Une droite debout est une droite perpendiculaire au plan vertical de projection.

Cela fait : On joint les sommets $A_1C_1 — B_1N_1 — D_1Q — M_1P_1$ par des lignes à 45°, et on a ainsi une perspective cavalière reproduisant l'ombre portée par le cube.

On fait sur cette figure les remarques suivantes :

1° La face supérieure du cube est un carré de niveau ; il porte ombre suivant le parallélogramme $A_1B_1M_1N_1$ dont la figure est facile à retenir. En effet : Un de ses côtés A_1B_1 est horizontal, l'autre est à 45°, sa petite diagonale B_1M_1 est verticale et égale au plus petit côté. L'autre diagonale A_1N_1 est inclinée à la pente 1/2.

Deux équerres à 45° $A_1B_1M_1$ et $B_1M_1N_1$ mises côte à côte, donnent une idée de ce parallélogramme.

2° Si on inscrivait un cercle dans cette face il porterait ombre suivant l'ellipse inscrite dans ce parallélogramme. Cette ellipse toucherait les côtés aux quatre *points milieux* I, I...

Les points V, V situés sur la petite diagonale (nous les nommerons les *points de petite diagonale*) partagent la moitié $o'B_1$ de cette dernière dans un rapport

$$\frac{o'V}{o'B_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \text{(sensiblement) } 0{,}7.$$

La tangente en ces points est parallèle à la grande diagonale. Elle a donc une pente 1/2. Les points W, W (points de *grande diagonale*) situés sur la grande diagonale, la partagent aussi dans le rapport $1 : \sqrt{2} = 0{,}7$ (sensiblement). Les tangentes en ces points sont parallèles à la petite diagonale ; elles sont donc verticales.

Telle est l'ellipse, ombre portée par un cercle de niveau. Il est important de savoir la tracer sans hésitation et sans en chercher d'autres points que ceux qui viennent d'être trouvés.

3° Le carré de profil porte ombre suivant le parallélogramme $A_1D_1Q_1M_1$, et le cercle de profil suivant l'ellipse qui y est inscrite. C'est la même ellipse que la précédente que l'on aurait fait tourner autour de la droite A_1C_1, comme charnière.

Les points importants de cette dernière ellipse sont : les *points de milieux* I, I, ... Les points de *petite diagonale* V_1, V_1 et les points de *grande diagonale* W_1 et W_1. Aux points V_1, V_1 la tangente est inclinée à 2/1, aux points W_1 et W_1 elle est horizontale.

Remarque. — La figure 19 montre comment en décrivant de o', comme centre, avec $o'B_1$ comme rayon un arc de cercle, ce dernier rencontre la ligne à 45°, $o'I$ en un point qui est au niveau des points de diagonale V et W.

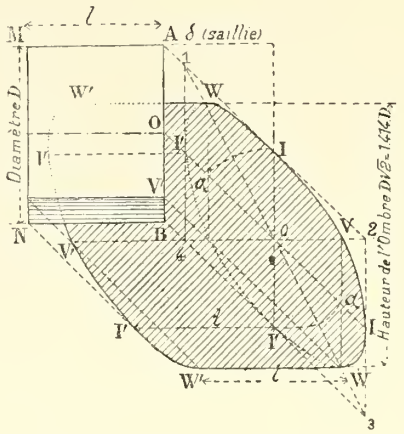
11. Applications à l'Architecture.

(*a*) *Ombre d'un fût de colonne : dont l'axe serait de niveau et de front c'est-à-dire : fronto-horizontal* (fig. 20).

On obtient en OV', par la simple connaissance de la saillie, l'ombre portée par l'axe sur le mur. On construit sur *o*, comme centre, le parallélogramme, ombre du carré de profil étudié ci-dessus.

Dans ce parallélogramme on inscrit l'ellipse connue étudiée au paragraphe précédent. Les tangentes aux points W, W, de grande diagonale, sont horizontales et donnent,

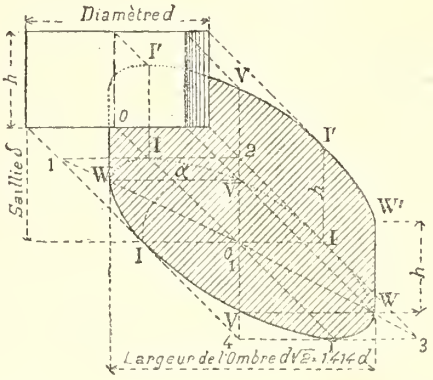
Fig. 20



par conséquent, les ombres portées par les génératrices d'ombre propre du cylindre ; elles constituent le contour rectiligne de l'ombre portée du fût cylindrique.

En remontant, par un rayon lumineux inverse, du point de tangence W en V' sur le cylindre, on aura un point V' d'ombre propre du cylindre. La séparatrice est la génératrice qui passe par ce point.

Fig. 21



L'ombre portée par la base de gauche s'obtient en déplaçant la précédente ellipse parallèlement à elle-même, de toute la longueur du cylindre.

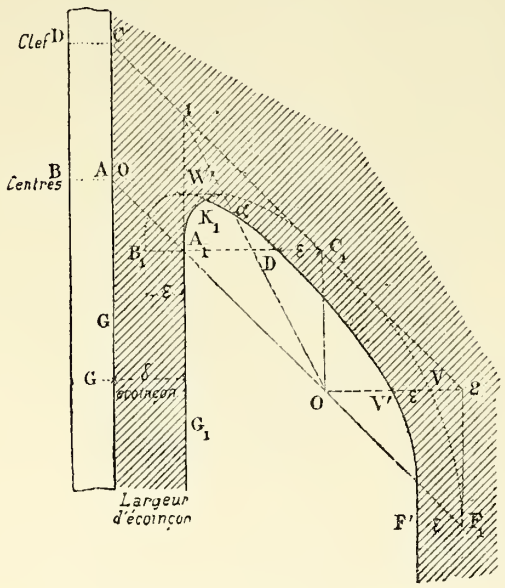
(*b*) *Remarque importante.* — L'épaisseur de l'ombre portée par le cylindre est plus grande que le diamètre, *d*, de ce dernier. Elle est égale à $d\sqrt{2}$ ou sensiblement 1,4*d*, ou encore exactement égale à 4 fois la distance OV' qui sépare l'ombre propre du cylindre de la projection de son axe.

(*c*) *Ombre d'un fût de colonne vertical* (fig. 21). — Tout à

fait analogue à la précédente ; il est inutile de l'expliquer.

(*d*) *Ombre portée par une arcade de profil* (fig. 22) *et par la même arcade en coupe* (fig. 23).

Fig. 22

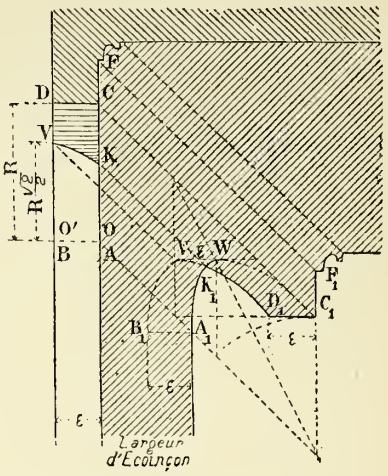


On tracera deux fois l'ombre précédente, c'est-à-dire l'ombre d'un cercle de profil. — L'épure se comprend facilement. Remarquer le point de brisure K_1 intersection des 2 ellipses.

Si l'arcade est coupée par un plan de front mené par son axe, l'ombre (fig. 23) se composera des moitiés des deux ellipses précédentes, réunies par l'horizontale D_1C_1 qui est l'ombre portée par la ligne de coupe CD, faite sur la clef de l'arcade. — De plus, dans l'intrados, nous aurons un fragment d'ellipse VK ombre portée par le cercle de gauche de l'arcade, sur cet intrados. (Sera démontré plus loin au paragraphe intitulé : *Ombre du pont.*)

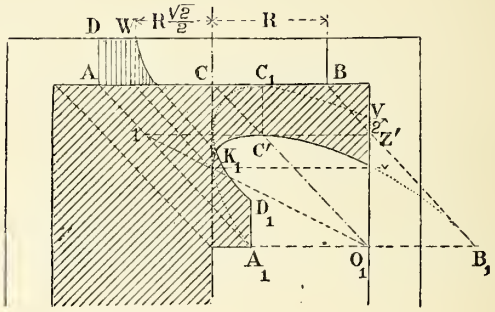
(*e*) *Ombre d'une ouverture cylindrique faite dans le plafond d'une salle carrée* (fig. 24). — Les explications sont

Fig. 23



inutiles. L'analogie avec la figure 23 est évidente : Seule-

Fig. 24



ment au lieu de considérer un demi-cercle de profil, on se reportera à l'ombre d'un demi-cercle horizontal.

§ II. — Ombres portées sur plusieurs plans de front, ou ressaut des ombres

12. Ombres d'un larmier de front sur une série de plans de front.

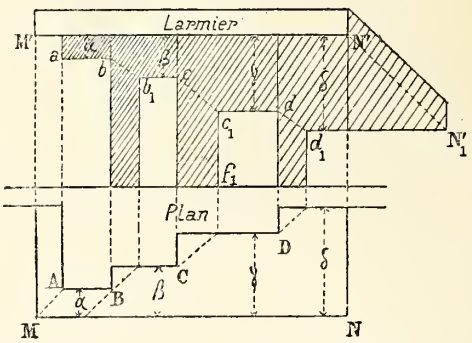
Soit une droite MN, parallèle à la ligne de terre, constituant l'arête d'un larmier, portant ombre sur une série de plans de front (fig. 24).

On voit facilement que l'ombre se *décroche* en $ab - b_1, c - c_1, d...$ etc. et reproduit les saillies successives des murs, c'est-à-dire le profil même de ces murs pris en projection horizontale.

Un point tel que b, ou c, ou d, se nomme un *point limite* et l'on dit que l'ombre *ressaute* de c situé sur l'arête en c_1 situé sur l'ombre primitivement tracée du larmier MN. Donc c_1 est aussi un point de l'ombre portée par l'arête cC. Cette ombre est la verticale c_1f_1.

Les points tels que c_1, d_1,... se nomment *points de*

Fig. 25

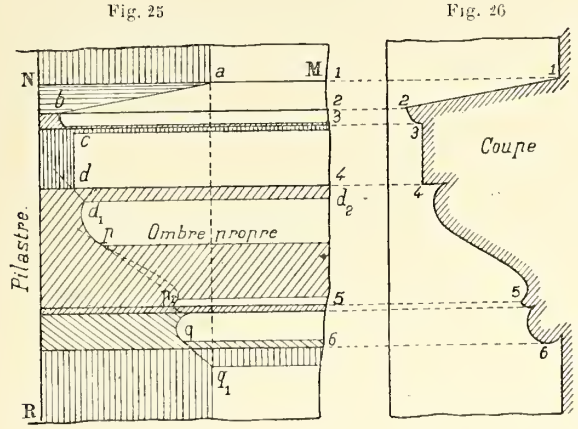


brisure. En ces points viennent se croiser les ombres de deux lignes différentes.

13. Ombre portée par l'arête verticale d'un mur (ou d'un pilastre) sur des moulures parallèles à la ligne de terre (fig. 25 et 26).

(*a*) *Décrochement de l'ombre.* — La ligne d'ombre reproduit, en sens inverse, le profil même de la moulure. — On peut donc, sans se servir d'un plan ni d'une coupe et, si l'on

Fig. 25 Fig. 26



connaît seulement le profil de la moulure et, en plus, le reculement d'une seule génératrice, tracer la ligne d'ombre (fig. 25 et 26).

La coupe (fig. 26) donne en 1,2,3,4,5,6 le profil de la moulure. La saillie de l'arête en creux 1, en arrière de la ligne verticale NR qui porte ombre étant connue, permet de tracer en *abcd*... en prenant *a* comme point de départ, le profil de la moulure, copié sur celui de la coupe. (Il serait donc inutile de tracer cette coupe).

C'est l'ombre géométrique portée par la ligne NR sur la moulure. On nomme cette courbe le *décrochement* de l'ombre. Il y a sur ce décrochement des lignes inutiles et il y manque les ombres propres des divers cylindres qui constituent les éléments de cette moulure, ainsi que les ombres que ses différentes parties portent les unes sur les autres, et que l'on nomme les *ombres autoportées*.

(*b*) *Ressaut de l'ombre.* — On complète de la manière suivante : On mène par tous les points limites tels que *d*..., que nous nommerons des points *limites anguleux*, des rayons qui font ressauter l'ombre de *d* en d_1. Par d_1 passe une des ombres portées d_1,d_2 par la moulure sur elle-même ; c'est ce que l'on nomme une ombre *autoportée*.

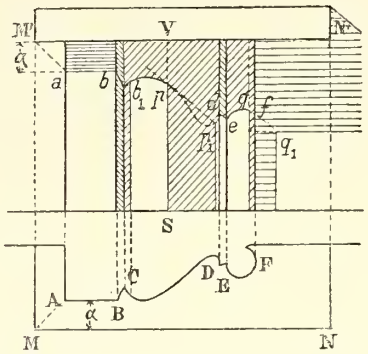
2° On mène les tangentes à 45° aux points tels que *p* et *q*, ce qui donne les *points de perte* ou *points limites tangentiels* (par opposition à points limites anguleux) et fournit en même temps les points de départ des lignes d'ombres propres.

3° Ces tangentes prolongées en p_1 et en q_1, jusqu'à leurs rencontres avec le profil tracé *à priori* pour le décrochement, donnent en p_1 et q_1 d'autres ombres portées par la moulure sur elle-même.

14. Ombre portée par un larmier fronto-horizontal, sur des moulures verticales.

On voit (fig. 27) un autre exemple du décrochement et du ressaut des ombres. C'est l'ombre portée par un larmier, M'N', parallèle à la ligne de terre sur une série de moulures verticales (baguette, filets, talon...).

Fig. 27



Le profil de la moulure est reproduit, *à priori*, en *abde*..., etc. ; c'est le *décrochement* de l'ombre ; on sépare ensuite les points limites *anguleux*, *b*,*d*... et les points limites *tangentiels* à 45° *p*,*q*... ; on achève comme ci-dessus, après avoir fait ressauter ces points limites tangentiels ou points de perte, en p_1 et q_1, qui sont les *points de brisure*.

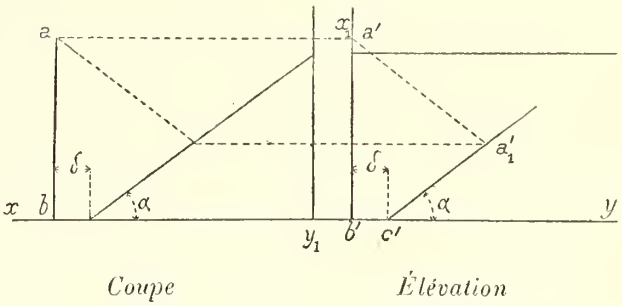
Les points de brisure p_1,q_1 servent de départ aux ombres autoportées.

15. Ombre portée par une droite verticale sur un plan parallèle à la ligne de terre (fig. 28).

C'est un cas particulier du problème précédent.

L'ombre est une droite $c'a'_1$, inclinée sur l'horizontale du

Fig. 28



même angle α que le plan fait avec le plan horizontal, et commençant en c' à une distance $b'c'$ du pied de la droite, égale à la saillie de ce pied, en avant de la trace horizontale du plan.

§ III. — Applications a l'architecture

16. Ombres d'un escalier avec rampe descendante.

L'escalier est incliné comme à l'ordinaire, à 1 de hauteur pour 2 de base. — En élévation (fig. 29), la partie de la rampe qui est debout donne de A en AA_1 une ligne d'ombre à 45°. — La saillie α fait connaître A_1 et l'ombre A_1L_1 portée par la partie inclinée de la rampe est penchée à 3 pour

Fig. 31 Fig. 29

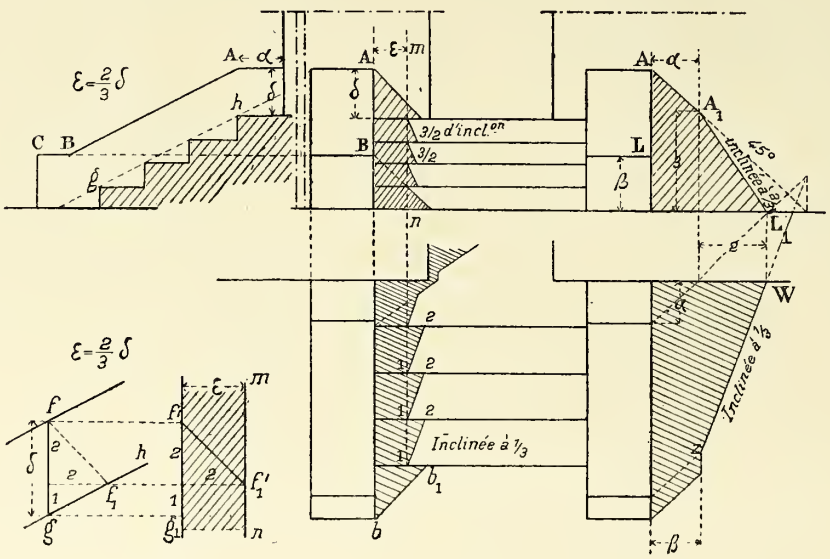
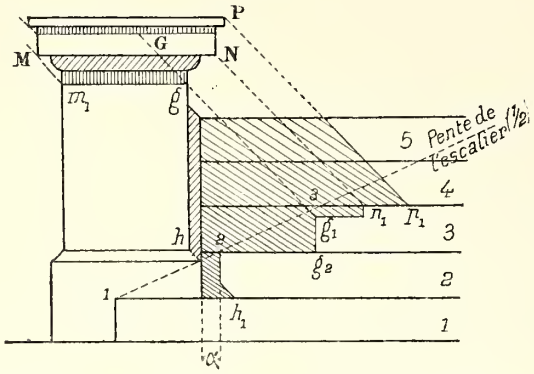


Fig. 32 Fig. 30

2 (voir n° 9-*e*). De même, les petites ombres portées sur les faces antérieures des marches et formant comme des *dents de scie* sont inclinées à 3 pour 2. — Les points de départ des dents de scie sur les arêtes sont sur une même droite *mn* dont la distance ε à la droite AB est les 2/3 de la hauteur δ de la droite AB au-dessus d'un plan fictif *gh* (fig. 31 et 32), qui passerait par toutes les arêtes saillantes des marches.

La figure 32, à plus grande échelle, montre pourquoi cette largeur ε est les 2/3 de la hauteur *fg*.

Fig. 33



En plan, la rampe donne, sur le sol et sur les dessus des marches, des ombres, telles que Z,W, inclinées à 1 pour 3, etc., etc.

17. Ombres d'un piédestal sur un escalier (fig. 33).

1° La saillie α (supposée connue) de l'arête *gh* en avant de la marche N° 2 donne *à priori* en $2h_1$ l'ombre portée sur la face antérieure de la marche N° 2.

2° Par le point 2 on mène la ligne 2, 3... inclinée à la pente de l'escalier (ici 1 de hauteur pour 2 de base) et on en déduit le *décrochement* d'ombre $2g_2g_1$...

3° On cherche l'ombre autoportée m_1g du piédestal et on fait ressauter de *g* en g_1 le point limite *g*..., etc.. etc. Le reste de l'épure se comprend facilement (1).

18. Ombre d'une cheminée sur un toit (fig. 34).

1° Du pied *z* de l'arête de la cheminée sur le toit, on mène ZW inclinée à la pente (supposée connue) du toit.

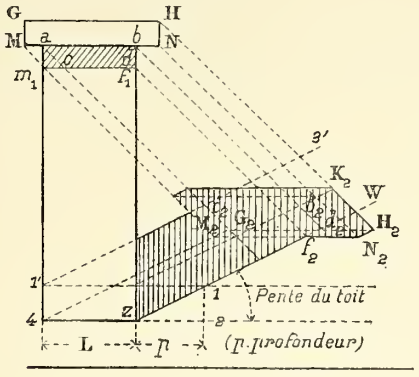
2° Portant de *z* en 2, la profondeur *p* (connue) de la cheminée, on en déduit sur la droite précédente, ZW, le point 1 et ensuite 1′, pied, sur le toit, de l'arête postérieure de gauche ; 1′3′, parallèle à ZW, est l'ombre de cette arête.

(1) Il est indispensable, pour le lecteur, de faire toutes ces épures à une assez grande échelle, en prenant d'autres données que celles des figures de l'ouvrage. On ne trouvera donc pas, tout à fait, les mêmes résultats. En se rendant compte des différences on fera une étude très profitable. Mais si l'on se contente de lire l'ouvrage, sans faire soi-même les épures, on n'arrivera jamais à posséder la pratique des ombres usuelles, pratique assez longue et assez difficile à acquérir.

3° En $G_2c_2b_2d_2$ on a le parallélogramme d'ombre portée par *abcd* de l'espace. C'est une ombre *noyée*.

4° On cherche en m_1f_1 l'ombre du larmier sur le corps de la cheminée.

Fig. 34

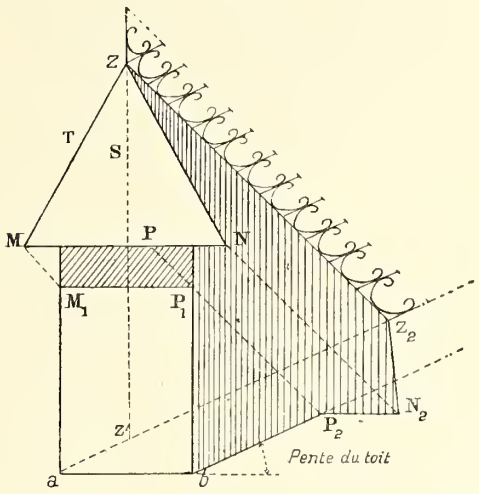


5° On fait ressauter cette ombre en $N_2H_2K_2$, et on remarquera que G_2 et M_2 sont sur une même ligne $4M_2G_2$ inclinée à la pente du toit et issue du point 4 ; de même K_2 et b_2 sont sur une même ligne à la pente du toit.

19. Ombre d'une lucarne sur un toit (fig. 35).

1° La verticale bP_1 donne une ombre bP_2 inclinée à la

Fig. 35



pente du toit et qui part du point *b* où l'arête bP_1 perce le toit.

2° On prend en M_1P_1 l'ombre portée du toit de la lucarne sur la face antérieure.

3° On suppose que le rampant S de la croupe a la même pente que les pans latéraux (ZM et ZN) ; il en résulte que l'arête MZ et, par suite, le sommet Z sont dans un même plan vertical à 45°, avec aM_1 ; donc Z porte ombre en Z_2 sur la ligne aZ_2 inclinée à la pente du toit, etc.

4° Ombre d'une crête (voir le croquis) : cette derniere partie, toute de détail, se fait un peu de sentiment ; on aura soin seulement d'incliner à la pente du toit les ombres portées par les tiges verticales de la crête.

20. Ombre d'un cercle horizontal sur un mur vertical fuyant à 45°.

Fig. 36

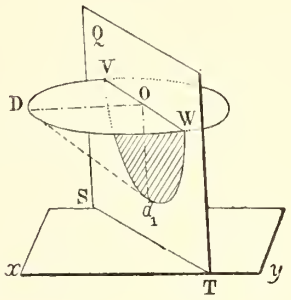
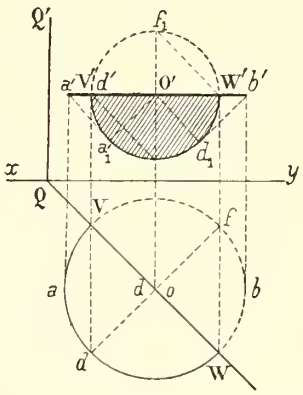


Fig. 37



En perspective (fig. 36), le plan Q, vertical et incliné à 45° sur la ligne de terre, est coupé par un cercle horizontal VDW ; on suppose que le centre O est dans le plan Q.

Nous appellerons un pareil plan : *un mur fuyant à 45°*.

(*a*) *Epure* (fig. 37). — Deux diamètres VW et *fd* à angle droit du cercle donneront 2 diamètres conjugués f_1O' et V'W' de l'ellipse d'ombre portée. On remarquera : 1° que ces diamètres sont à angle droit ; 2° qu'ils sont égaux : *donc l'ombre portée se projette suivant un cercle.* Ce cercle passe par les points V' et W', à 45°.

(*b*) *Nota.* — Ce cas particulier, où l'ombre portée par un cercle nous apparaît circulaire, nous sera surtout utile pour les épures qui vont suivre et nous facilitera l'application de la méthode des projections obliques.

CHAPITRE III

OMBRES POUR LES SURFACES DE RÉVOLUTION EN SAILLIE

A. — Ombres propres.

§ I. — Surfaces coniques ou cylindriques

21. Ombre du cône de révolution quelconque (fig. 38).

(*a*) *Méthode générale dans l'espace :* 1° Prendre un plan auxiliaire quelconque P, sur lequel on cherche en a_1b_1 l'ombre portée par la base et en S_1 celle du sommet ; 2° mener les deux tangentes S_1m_1 et S_1n_1 ; 3° remonter par des rayons inverses de m_1 en m et de n_1 en n sur la base ; l'ombre propre est Sm et Sn.

(*b*) *Remarque.* — Le plan P sera choisi : ou bien passant par la base ab, alors il est inutile de chercher l'ombre de cette base; ou bien passant par le sommet, il est inutile alors de chercher l'ombre du sommet.

Fig. 38

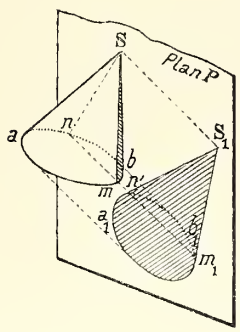
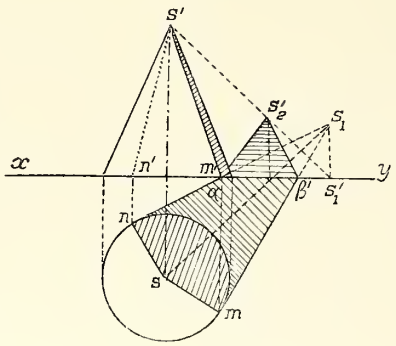


Fig. 39



(*c*) *Epure.* — 1re *Méthode* : En cherchant l'ombre portée sur le plan horizontal (fig. 39) :

1° On a en S'_1S_1 l'ombre portée du sommet sur le plan horizontal ;

2° On mène les deux tangentes S_1m — S_1n à la base ; ce qui donne l'ombre portée du cône sur le sol ;

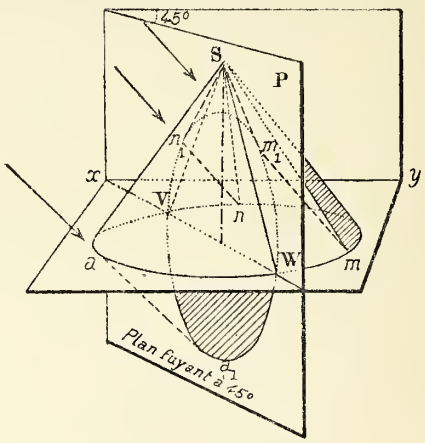
3° Les génératrices d'ombre propre sont : Sm — $S'm'$ et Sn — $S'n'$;

4° On prend en S'_2 l'ombre portée du sommet sur le mur, et on joint aux *points de pliure* α et β', où la première ombre portée coupe la ligne de terre ; ce qui donne en $\alpha S'_2\beta'$ l'ombre portée sur le mur.

(*d*) 2e *Méthode : Emploi du mur fuyant à* 45°. — Solution dans l'espace (fig. 40).

1° On prend un mur fuyant à 45°, P, passant par l'axe et, par suite, contenant le sommet S ;

Fig. 40



2° On y cherche en Va_1W l'ombre portée par la base (n° 20). On sait qu'elle passe par les points à 45°, V et W, de la base et que, en projection verticale, cette ombre sera projetée suivant un cercle ;

3° Le sommet S étant dans le plan P est à lui-même son ombre portée ;

4° On mène les tangentes Sn_1 et Sm_1 à l'ombre de la base ;

5° Par des rayons lumineux m_1m et n_1n on reporte m_1 en m et n_1 en n sur la base : L'ombre propre du cône est Sm et Sn.

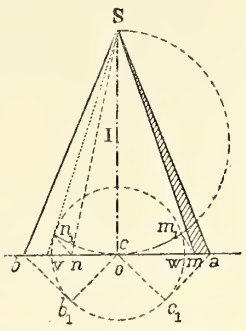
Épure (fig. 41) : Soit Sab, le cône, d'axe vertical, et donné en élévation seulement.

1° On cherche en Vb_1W le cercle, ombre portée de la base sur le mur fuyant à 45° (voir n° 20) ;

2° On lui mène les tangentes par le point S, et on prend en m_1 et n_1 les points de contact ; le tracé le plus exact

pour obtenir avec précision ces points de tangence consiste, du point I milieu de SO, comme centre, à décrire une circonférence $n_1 m_1 S$;

Fig. 41



3° Par des rayons à 45°, $m_1 m$ et $n_1 n$, on reporte les points de tangence m_1 et n_1 sur la base : L'ombre propre est déterminée par les génératrices Sm (vue) et Sn (cachée).

22. Cône à 45°. — Cône à l'angle φ. — Cône sans ombre.

(*a*) *Cône dont l'angle à la base est de* 45° (fig. 42).

En faisant la construction précédente, on voit que les

Fig. 42

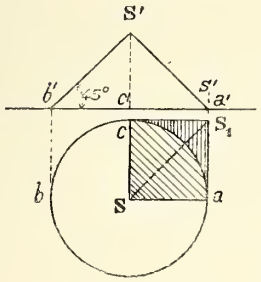
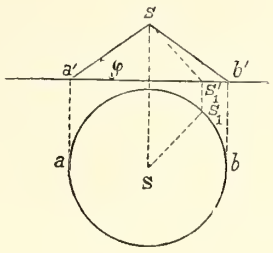


Fig. 43



lignes d'ombre propre Sa et Sc sont, l'une la génératrice du contour apparent vertical Sa — S'a' du cône ; et l'autre la génératrice centrale Sc — S'c'. Le cône a donc le quart seulement, CSa, de sa surface dans l'ombre. — Cette ombre est tout entière cachée en élévation (fig. 42).

(*b*) *Cône dont l'angle à la base est* φ.

Le rayon lumineux du sommet SS_1 ne quitte pas la surface du cône, puisque ce cône est lui-même incliné à l'angle φ. Donc S_1, ombre portée du sommet, tombe sur la base. L'ombre propre se réduit à la ligne SS_1. — En réalité il n'y a pas d'ombre (fig. 43).

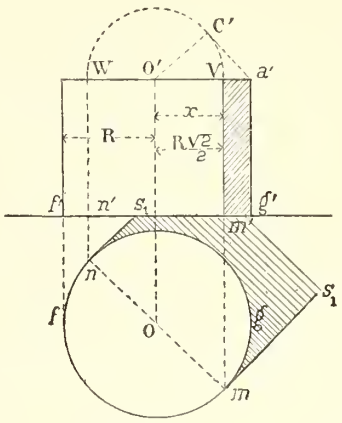
(*c*) *Cône sans ombre.* — A plus forte raison, tout cône plus aplati que le cône à l'angle φ, n'a pas d'ombre propre ; c'est un *cône sans ombre.*

Nota. — On cherchera ces ombres lorsque le cône a son sommet au-dessous de sa base.

23. Ombre du cylindre.

En considérant un cylindre comme la limite d'un cône dont le sommet serait à l'infini, on est conduit à mener à la base les deux tangentes à 45° mS_1 et nS_1 : les génératrices d'ombre propre sont donc m' et n'.

Fig. 44



Elles passent par les points à 45° de la base V et W et le tracé par le cercle O'C'a' les donne simplement (fig. 44).

Remarque. — Soit x la distance entre l'axe et la génératrice d'ombre propre ; on a : $x = \frac{R\sqrt{2}}{2} = 0{,}707R$, c'est-à-dire sensiblement $\overline{OV} = 0{,}7R$, ou $\overline{Va'} = 0{,}3R$.

§ II. — Surfaces de révolution non réglées

24. Ombre de la sphère, le rayon lumineux étant de front.

Pour simplifier, le rayon lumineux a été rendu parallèle au mur, c'est-à-dire projeté à l'angle φ (fig. 45).

(*a*) *Ombre propre.* — Le rayon lumineux étant parallèle au plan vertical, le cercle de contact du cylindre d'ombre et de la sphère qui a son plan perpendiculaire au rayon lumineux et par suite, aussi, au plan vertical, se projette, en élévation, suivant une ligne droite $m'n'$ perpendiculaire au rayon φ. En projection horizontale ce sera une ellipse, projection du cercle $m'n'$. Ses deux axes sont cd et mn.

Calcul de y (demi petit axe). — On a sur l'élévation $y = \overline{o'u'} = R \sin\varphi$: mais $\sin\varphi = \frac{\sqrt{3}}{3}$; donc $y = R\frac{\sqrt{3}}{3}$.

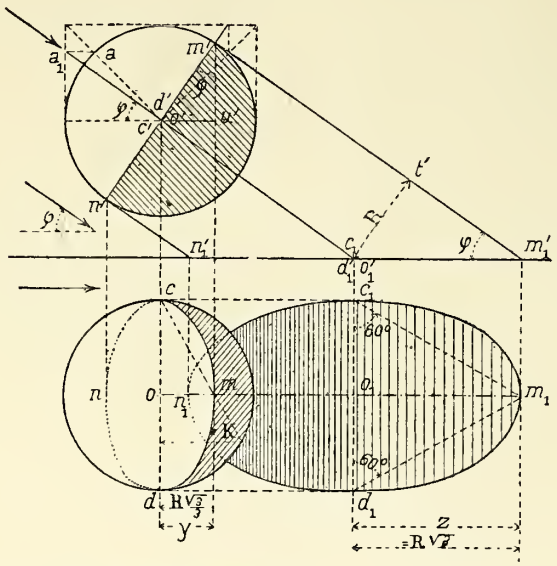
Donc : *Le petit axe de l'ellipse d'ombre propre de la sphère est égal au tiers du côté du triangle équilatéral inscrit dans le contour apparent.* D'où l'on déduit :

Construction pratique : Prendre $dK = R$; joindre Kc,

et la rencontre en m avec le rayon central oo_1 donne l'extrémité du petit axe.

(*b*) *Ombre portée sur le plan horizontal* : C'est l'ellipse $o_1 - n_1 m_1 c_1 d_1$. Son petit axe $c_1 d_1$ est égal au diamètre et perpendiculaire au rayon lumineux ; son demi-grand axe

Fig. 45



$z = o_1 m_1$. Il est facile à calculer.

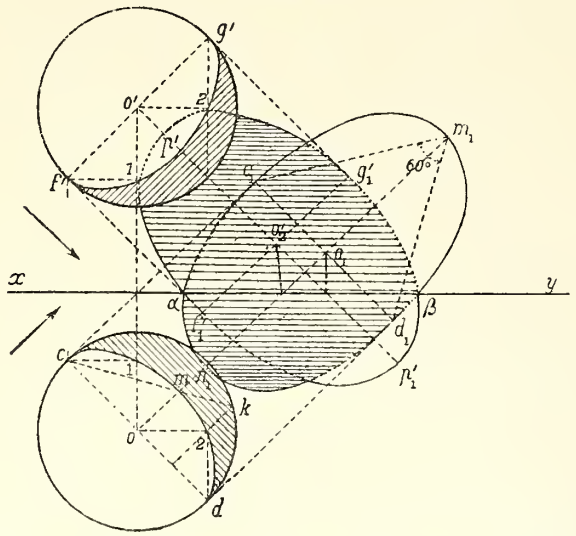
En effet : on a sur l'élévation :

$$z \sin \varphi = R, \quad \text{d'où} \quad z = \frac{R}{\sin \varphi} \quad \text{et} \quad z = R\sqrt{3} ;$$

d'où le tracé suivant :

1° Prendre $z = 3$ fois y ; ou 2° sur $c_1 d_1$ comme base, construire des triangles équilatéraux ; les sommets n_1 et m_1 de ces triangles équilatéraux sont les extrémités du grand axe.

Fig. 46

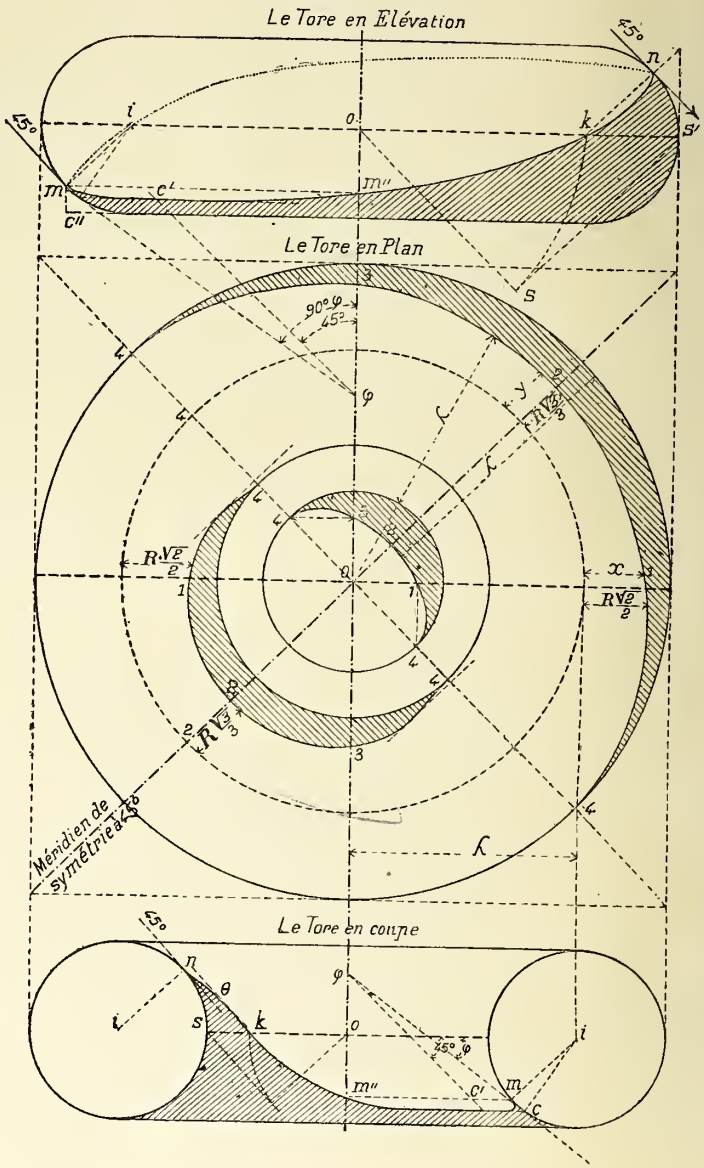


25. **Ombre de la sphère dans le cas général.** (Fig. 46.)

Il suffit de reporter les résultats obtenus au n° 24, en les orientant à 45°.

(*a*) *Ombres en plan* : On a en o_1 l'ombre portée du centre. — Le petit axe de l'ellipse d'ombre portée est $c_1 d_1$ perpendiculaire au rayon lumineux et égal au diamètre de la sphère ; — le grand axe $o_1 m_1$ s'obtient par le triangle équilatéral (n° 24-*b*). — Quant à l'ombre propre, son grand axe

Fig. 47



cd est égal au diamètre de la sphère ; son petit axe est obtenu comme au n° 24-*a*, en om.

Nota. — Les points à 45° d et c, donnent en 1 et 2, en les projetant sur les diamètres $o1$ et $o2$, des points de l'ellipse (sera démontré au n° suivant).

(*b*) *Ombres en élévation.* — Ayant en o'_2 l'ombre portée par le centre sur le mur (la saillie du centre suffit pour la déterminer), on achève exactement comme pour le plan en utilisant les triangles équilatéraux.

(*c*) *Remarque.* — Les *points de pliure* α, β, où la première

ellipse d'ombre portée rencontre la ligne de terre, appartiennent aussi à l'ellipse, ombre portée sur le mur.

26. Ombre propre d'une surface de révolution quelconque : un Tore.

(*a*) *Ombre du tore en élévation* (fig. 47).

Les points sur le contour apparent s'obtiennent en m et n par les tangentes à 45° (voir n° 5 Théorème des contours apparents). — Par raison de symétrie le point m'' projeté dans l'axe s'obtiendra en menant l'horizontale mm''. — Le point K sur l'équateur s'obtiendra à l'aide du cercle oSK construit comme on vient de le voir pour les cylindres. (Application de la méthode des surfaces circonscrites.)

Pour trouver le point le plus bas c', on appliquera la méthode des plans sécants. On suppose que le méridien à 45°, parallèle aux rayons lumineux, nommé le *méridien de symétrie à 45°*, a été amené de front entraînant avec lui le rayon lumineux qui se projette alors à l'angle φ.

On mène donc au méridien principal la tangente $\varphi c''$ à l'angle φ ; puis on ramène le point de tangence c'' à sa place en c' par une rotation inverse.

Dans ce mouvement, le point φ situé sur l'axe ne bouge pas. Le point c'' se déplacera horizontalement. Le rayon φ redevient rayon à 45°, ce qui donne le point le plus bas c' : Le point φ n'ayant pas bougé, le point c'' sera aussi sur la ligne à 45° menée par φ.

On a de cette manière cinq points rapidement obtenus et les tangentes en trois de ces points, n, m, c', ce qui suffit largement dans la pratique.

(*b*) *Ombre du tore en coupe.*

L'ombre du même tore, vu en coupe, s'obtiendrait de la même manière (fig. 49); seulement elle se compliquerait de la recherche du point de passage θ (1).

Dans la pratique on n'obtient ce point qu'approximativement en se fondant sur la propriété, que possède la courbe d'ombre, d'y être tangente au rayon lumineux. (Voir Géométrie descriptive).

Il est évident que sur toutes les autres surfaces de révolution on tracera l'ombre propre par les mêmes procédés rapides que ceux que l'on vient d'indiquer.

(*c*) *Ombre du tore en plan* (fig. 48).

1° Points sur l'équateur 4, 4, obtenus par les tangentes à 45°. (Théorème des contours apparents, n° 5.)

2° Points 1 et 1 — 3 et 3, sur les méridiens de front et de profil, obtenus en menant à la méridienne principale, en élévation, les tangentes à 45° et rappelant ces points.

3° Point le plus haut et le plus bas 2, 2, dans le méridien de symétrie à 45°, obtenus en menant à la méridienne des tangentes à l'angle φ, et les ramenant ensuite en place.

Remarque. — L'ombre, en plan, est ce que l'on nomme une *conchoïde* de l'ellipse 424, ombre propre de la sphère centrale. On l'obtiendrait géométriquement en menant des rayons tels que θ, λ, prenant leur intersection avec l'ellipse d'ombre de la sphère centrale, et reportant, soit d'un côté, soit d'un autre, une longueur, λ, constante et égale à la distance du centre du tore au centre du cercle méridien. Cela est facile à démontrer.

(1) Le point de passage θ est caractérisé par ce fait qu'en ce point commence l'*ombre autoportée* de la surface sur elle-même, et que l'ombre propre cesse d'y être réelle. Voir Géométrie descriptive : Compléments.

B. — Ombres portées.

§ 1. — Les surfaces sont cylindriques ou coniques.

27. Ombre dite « Ombre du tailloir » (fig. 50).

Le tailloir AB fait, par rapport au nu de la colonne, une saillie λ, qui est la même de tous les côtés.

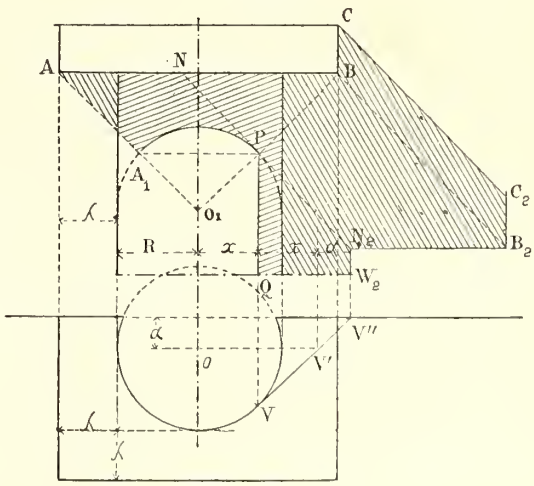
On suppose l'axe de la colonne dégagé hors du mur d'une quantité α, ordinairement égale à 1/3 R. (R étant le rayon du fût.)

L'ombre portée sur le fût est, d'après la théorie du ressaut des ombres, un cercle décrit de O_1 comme centre. Ce cercle n'est à conserver qu'entre A_1 ombre de l'angle gauche A du tailloir et P, point de perte (tangente à 45°).

PQ est l'ombre propre du fût ; son ombre portée sur le mur est en N_2, à une distance de l'ombre propre égale à $x + \alpha$.

Le reste de l'épure se comprend facilement ; on voit qu'il est inutile de se servir du plan ; la connaissance du dégagement α de l'axe est suffisante.

Fig. 50

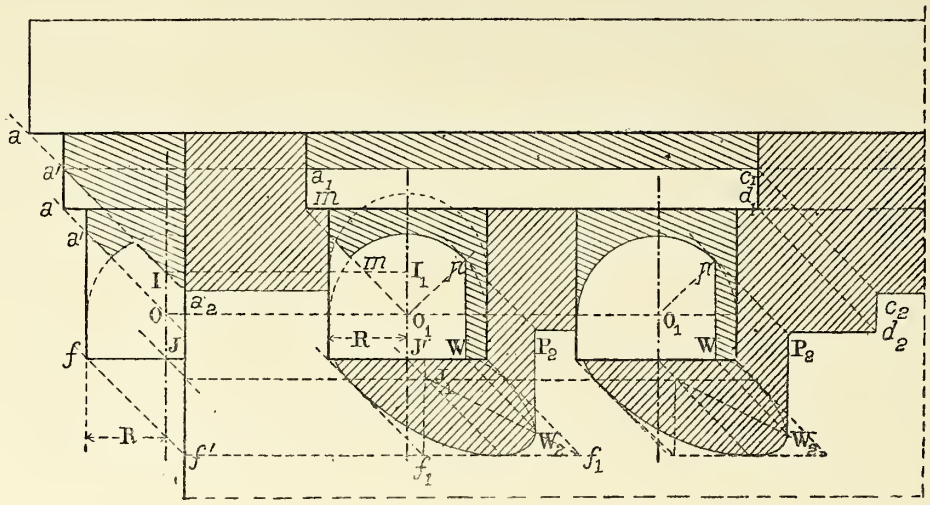


28. Application.— Gouttes et leur bandeau dans l'ordre dorique (fig. 51).

Le profil de gauche permet de trouver en a_1, c_1 l'ombre du bandeau de l'architrave sur le bandeau des gouttes et en a_2, c_2 l'ombre (interrompue par les gouttes) du bandeau de l'architrave sur l'architrave elle-même.

On suppose que les gouttes sont des cylindres dont l'axe est dégagé du mur de la quantité α. L'arête md du bandeau des gouttes porte ombre sur les gouttes suivant des arcs de cercle décrits des points O_1 et O_1 comme centres.

Fig. 51



Aux points de perte p, p, répondent les points de brisure P_2, P_2 de l'ombre portée sur l'architrave.

Enfin les cercles de base des gouttes donnent, pour ombres, des demi-ellipses inscrites dans les demi-parallélogrammes J_1, f_1, f_1 étudiés plus haut et dont le croquis ci-joint suffit à faire comprendre la construction.

Nota. — On engage le lecteur à faire cette épure dans le cas où les gouttes sont tronconiques, ou même en forme de pyramides, au lieu d'être cylindriques.

29. Ombre du listel saillant. (Colonne dégagée de 1/3 de R. Fig. 52.) — (*a*) *Ombre portée sur le fût* :

1° Ombres propres. — Chercher en W et V comme il a été indiqué plus haut les ombres propres des deux cylindres.

Nota. — Le cercle de rayon OW, prolongé jusqu'à l'axe, donne en φ le point d'arrivée du rayon φ mené par A.

2° Point de perte. — Le même cercle OW, recoupe la génératrice d'ombre propre du fût (V'V) au point de perte p. — (La tangente à l'ombre portée y est à 45°. — Théorème du point de perte, n° 6.)

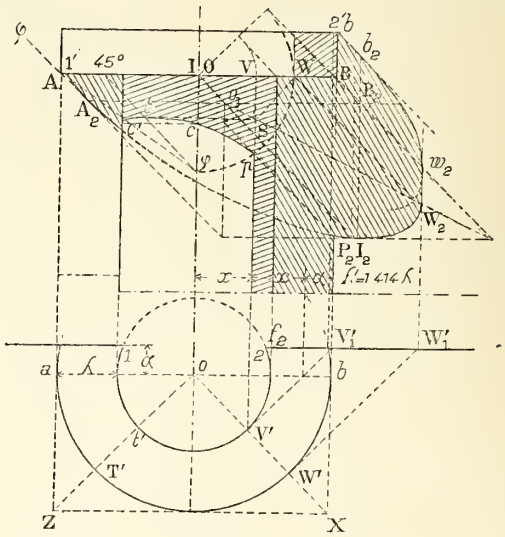
3° Point le plus haut. — On applique pour ce point t la méthode des plans sécants. Par raison de symétrie il est dans le plan OZ, que nous avons nommé le *plan de symétrie à 45°*, par opposition avec OX qui est le *plan fuyant à 45°*.

On rabat de front ce plan. Il devient le méridien principal ; T' vient en $a\Lambda$; le rayon φ mené par A recoupe le méridien du petit cylindre en un point que l'on ramène en t par une rotation inverse de 45°.

Remarque. — En menant la droite WS, inclinée à 45° et ramenant, symétriquement à l'axe, le point S en t, on obtient le point le plus haut d'une manière peut-être plus simple.

Les points t et p, avec leurs tangentes, suffisent largement en dessin pour tracer la courbe.

Fig. 52



4° Point dans l'axe c. — La courbe tracée le donne par continuité ; mais on pourrait l'obtenir directement (question à chercher). Dans le dessin pratique, il est inutile de l'obtenir directement.

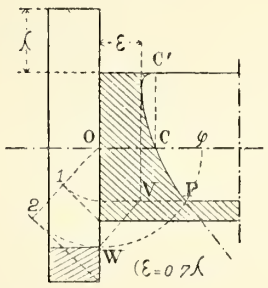
5° Point sur le contour apparent de gauche C'. — Il est,

par raison de symétrie (indiquée plus haut), au même niveau que le point dans l'axe c. Il serait facile de l'obtenir directement ; c'est une question à chercher.

(*b*) *Ombres portées sur le mur.* — On connaît le dégagement α (ordinairement $= 1/3R$) de l'axe de la colonne. On en déduit en A_2B_2, situé à la distance α au-dessous de AB, l'ombre du diamètre AB, lequel est de front dans la base du listel. L'ellipse d'ombre portée $A_2I_2W_2B_2$ se trace comme il a été dit. (Ombre d'un cercle horizontal, nos 10 et 11.)

L'ombre portée de la colonne $P_2V'_1$ est à une distance de son ombre propre pV égale à $x + \alpha$. Dans cette formule x est la distance de l'ombre propre de la colonne à l'axe de

Fig. 53



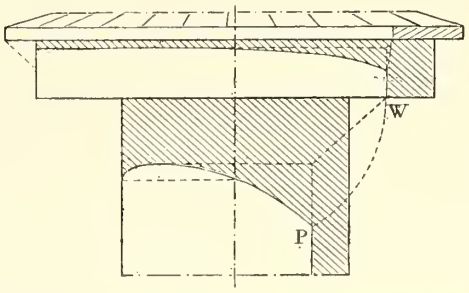
cette dernière, et α est la saillie de l'axe en avant du mur.

Remarques. — 1° p point de perte et P_2 point de brisure, sont à 45° l'un sur l'autre ; — 2° de même pour W et W_2 ; — 3° (*important*) l'ombre portée w_2W_2 du listel déborde l'ombre portée $P_2V'_1$ du fût d'une quantité $\lambda' = \lambda\sqrt{2}$, soit $1{,}414\lambda$, c'est-à-dire environ $1{,}5\lambda$, — λ étant la saillie du listel sur le fût.

(*c*) *Même ombre dans d'autres positions.* — Dans le dessin de machines (fig. 53) le cylindre est très souvent horizontal, et le listel forme ce que l'on nomme le *collet* d'un arbre ou d'un tourillon. Les points importants, point le plus près, point de perte P, point sur l'axe C, point sur le contour apparent C', s'obtiennent par les mêmes tracés que ci-dessus mais différemment orientés.

En architecture on rencontre cette ombre dans les temples

Fig. 54



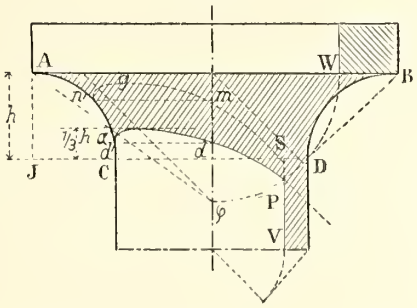
circulaires (fig. 54) tels que les temples dédiés à Vesta, dans l'antiquité.

Sur la figure 54 les colonnes du portique circulaire ne sont pas figurées ; le plan serait nécessaire ici pour déterminer les ombres portées par les colonnes sur le mur cylindrique du portique.

§ II. — Les solides comportent des surfaces de révolution quelconque

30. Ombre du listel avec congé circulaire (fig. 55). — (*a*) *Ombres propres.* — Elles se tracent comme à l'ordinaire. L'ombre propre du fût VS se continue sans se raccorder,

Fig. 55

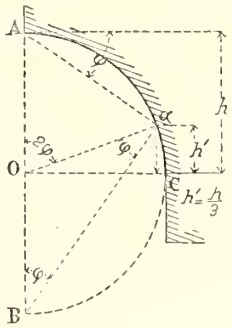


par l'ombre propre, *virtuelle d'ailleurs,* $Smgn$, du tore en creux qui constitue le congé. (Voir ombre du tore en coupe) ;

(*b*) *Point de perte* P, comme au no 29 ;

(*c*) *Point le plus haut* α'. — Mener par A le rayon φ ; prendre en α son recoupement avec le congé et ramener

Fig. 56



par une rotation inverse de 45°, en utilisant le point φ sur l'axe, qui ne bouge pas.

(*d*) *Remarque.* — La figure ci-contre (fig. 56), tracée à plus grande échelle, fait voir que l'angle αOA est égal à

2φ; et l'on a, en appelant h' la hauteur du point α au-dessus du point de naissance C, et h celle du congé :

$$h' = h \cos. 2\varphi.$$

Et comme $\cos. 2\varphi = \frac{1}{3}$ (n° 8), on a $h' = \frac{1}{3} h$.

Ce résultat est important à retenir, car il permet, sans épure, d'obtenir le point le plus haut en le plaçant au tiers de la hauteur du congé.

Cette même remarque sera utilisée plus loin pour l'ombre de l'écuelle.

31. Ombre de l'astragale, c'est-à-dire ombre d'un tore sur un cylindre ayant le même axe que lui. — On supposera que la colonne n'est pas dégagée, c'est-à-dire que son axe est sur le nu du mur.

Si l'axe était dégagé d'une quantité α, cela reculerait d'autant, en dessous et à droite, les ombres portées sur le mur.

(*a*) *Ombre propre du tore* (voir n° 26). — *b* et *a* sont les points de contours apparents (tangentes à 45°); *b* est ramené horizontalement dans l'axe et donne le point C, sur le méridien de profil.

Le point *f* sur l'équateur est obtenu en considérant le cylindre circonscrit tout le long de l'équateur ; on a :

$$If \text{ ou } x = \overline{IF} \frac{\sqrt{2}}{2};$$

le point *f* porte ombre sur le mur en f_2 et l'on a : $fK = If$.

De même le point C porte ombre en C_2, et C_2 est à plomb de *a*, car la saillie de C est égale à C*b*.

Le point S, le plus bas, est obtenu en menant la tangente φ au méridien et ramenant le point de tangence en S. — Le point S porte ombre en S_1 sur le cylindre, ce qui donne le point *le plus haut* de l'ombre portée sur le cylindre. En φ, *situé sur l'axe*, on a l'ombre portée de S sur le mur.

L'ombre portée du tore sur le mur est donc une courbe passant par les points suivants :

b (tangente à 45°). — *g* (sur le contour apparent du cylindre). — φ (sur l'axe, la tangente y est inclinée à 1/2). — C_2 (tangente horizontale). — f_2 (tangente verticale) et *a* (tangente à 45°) ;

(*b*) *Ombre propre du fût.* — Elle est tracée en PV comme à l'ordinaire. L'ombre portée est P_2V_2 obtenue en doublant la distance *x* ;

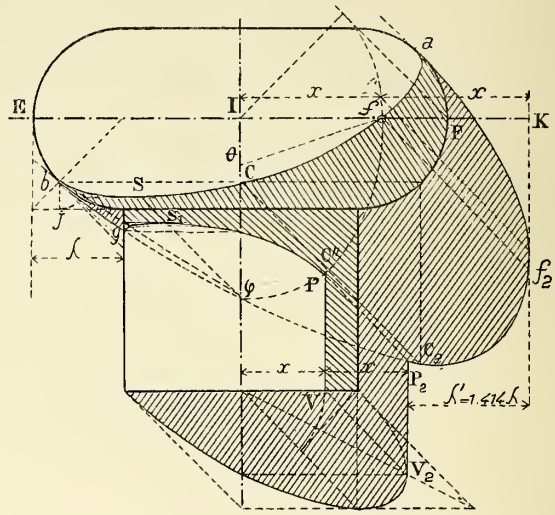
(*c*) *Ombre portée par le tore sur le fût.* — Le point de *brisure* P_2, remonté à 45°, sur PV, donnera le point de perte de l'ombre portée par le tore sur le cylindre (tangente à 45°). — Cette ombre portée peut donc se tracer passant en P (tangente à 45°), et en S_1 tangente horizontale.

Nota. — Le point dans l'axe sera ramené horizontalement en *g* sur le contour apparent de gauche (tangente verticale).

32. Recherche directe du point de perte.

(*a*) *Courbe ovale ou ombre portée du tore sur le mur auxiliaire fuyant à 45°* (fig. 57). — Cherchons d'abord en $f P \varphi$, l'ombre que porterait le tore sur le mur fuyant à 45°.

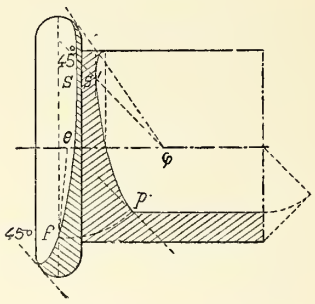
Fig. 57



Cette ombre auxiliaire, que nous nommerons *la courbe ovale du tore*, à cause de sa forme $f P \varphi$ (ce n'est pas une ellipse) nous sera nécessaire pour les épures des leçons suivantes.

Nous la considérerons comme l'enveloppe des ombres portées sur le mur fuyant à 45°, par les parallèles du tore ; on sait que ces ombres de parallèles sont des cercles et nous avons appris n° 20 à les déterminer en se servant de l'équerre à 45°.

Fig. 58

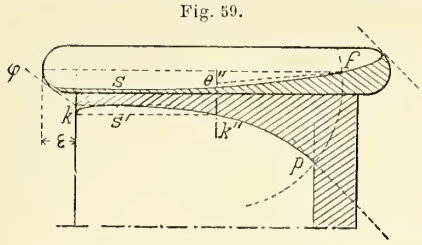


L'équateur EF (fig. 57) donne le cercle I*f*, et fournit ainsi le point *f* de la courbe ovale (tangente verticale). Le parallèle à 45°, *b*C, donne un cercle de rayon CC'', et fournit le point C'' de la courbe ovale (tangente à 45°). Enfin le point φ, sur l'axe, est l'ombre portée du point le plus bas S ; il appartient à la courbe ovale (tangente horizontale).

Cette courbe ovale rencontre en P l'ombre propre PV du fût qui est aussi dans le mur à 45° ; donc P est le point de perte (tangente à 45°).

(*b*) *Remarque*, 1. — Dans les applications le tore a pres-

Fig. 59.



que toujours une très faible hauteur par rapport à sa largeur. Dans ce cas, à la courbe ovale on peut substituer, par approximation, un cercle obtenu de la manière suivante :

En prenant un point θ (fig. 57) situé sur l'axe, au tiers environ de CI, et décrivant de ce point comme centre, avec θ*f* pour rayon, un cercle; ce cercle peut remplacer, *sans erreur sensible*, la courbe ovale; mais nous le répétons, il faut pour cela que le cercle générateur du tore ait un rayon très petit (fig. 59).

(*c*) *Remarque*, 2. — L'astragale peut, comme figure 58, accompagner un cylindre horizontal. Les ombres s'obtiennent par le même tracé, mais orienté différemment.

CHAPITRE IV

OMBRES POUR LES SURFACES DE RÉVOLUTION EN CREUX

§ I. — Les surfaces sont cylindriques ou coniques

32. Ombre d'un cylindre de machine à vapeur, en coupe, avec son piston en saillie.

(*a*) *Ombre du couvercle* AB. — La droite AB, coupe du couvercle, donne (fig. 60) une ombre portée qui (voir *Ressaut des ombres*) est un demi-cercle décrit sur AB comme diamètre.

Fig. 60

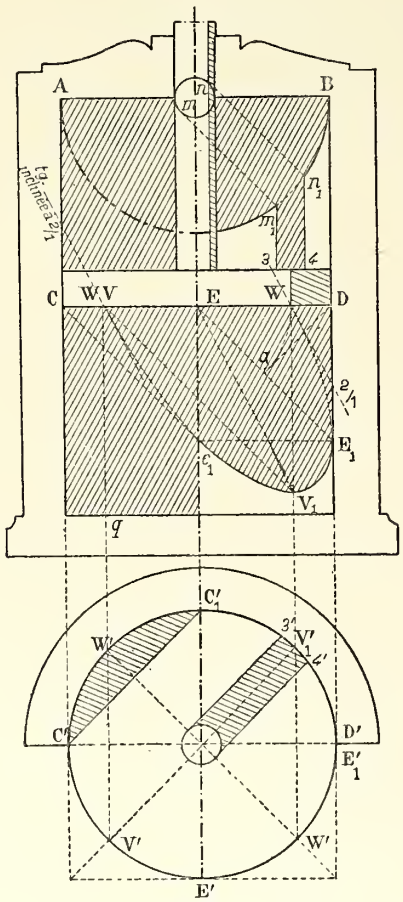


Fig. 61

L'ombre $m_1 3$ et $n_1 4$ de la tige du piston s'obtient en inscrivant le cercle *mn* dans la tige et lui menant des tangentes à 45°. En réalité, le demi-cercle AB et le petit cercle *mn* remplacent une projection horizontale.

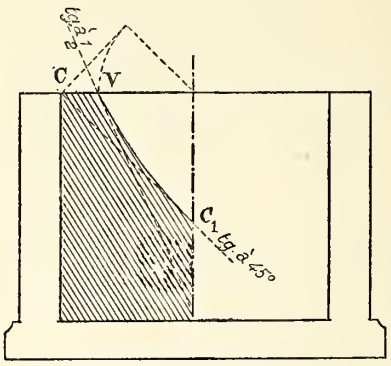
(*b*) *Ombre du piston saillant.* — Chercher en W l'ombre propre, *réelle*, du piston et en V*q* l'ombre propre, *virtuelle*, du cylindre creux.

L'ombre est portée par le cercle saillant CD dans le cylindre creux qui a ce même cercle pour base. Donc, d'après ce théorème connu : « *Lorsque deux surfaces du* « *second degré, cônes, cylindres, sphères, etc., ont une courbe* « *d'entrée plane, la courbe de sortie est plane également* (1), » l'ombre est une section plane du cylindre et, par suite, c'est une ellipse. Deux diamètres à angle droit du cercle (par exemple W'W' et V'V') donneront donc deux diamètres conjugués de l'ellipse. — En élévation (fig. 60), VW est conjugué de EV_1, et comme EV_1 est incliné à 2 de hauteur pour 1 de base, on en conclut que les tangentes aux points de départ V et W sont inclinées à 2 de hauteur pour 1 de base, etc. Suivre l'épure sans autres explications.

(*c*) *Remarque.* — C porte ombre en c_1 dans l'axe (tangente à 45°) et E porte ombre en E_1 (contour apparent, — tangente verticale).

33. Ombre d'un cylindre ouvert, dite « ombre du pont » (fig. 62).

Fig. 62



Cylindre ouvert (en coupe)

(*a*) *Demi-cylindre vertical.* — Le demi-cylindre de la figure 60 est supposé ouvert à sa partie supérieure. Dans

(1) Voir Géométrie descriptive.

ce cas, nous n'avons à garder de la demi-ellipse de tout à l'heure, que la portion VC_1 ; on remarquera (fig. 62) :

1° Que le point de départ V de l'arc d'ellipse est le point à 45° de gauche du demi-cercle de base du cylindre et qu'en ce point la tangente y est inclinée à 2 de hauteur pour 1 de base ;

2° Que le point dans l'axe C_1 est à 45° avec le point de gauche C du demi-cercle et qu'en ce point la tangente y est la ligne à 45° issue du point C. — Cela suffit pour tracer l'arc d'ellipse.

(*b*) *Demi-cylindre horizontal. — Pont en coupe* (fig. 63). — Si le demi-cylindre est à génératrices horizontales, comme cela se présente dans un pont cylindrique en coupe,

Fig. 63

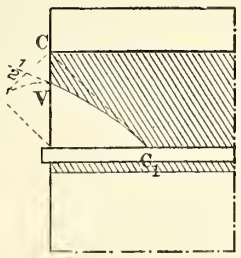
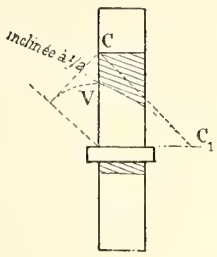


Fig. 64



le tracé est analogue : Le point de départ est V, situé à 45° sur le demi-cercle de base. La tangente y est inclinée à 1 de hauteur pour 2 de base.

Le point d'arrivée C_1 est sur la génératrice centrale, ou génératrice de naissance : la tangente y est la ligne à 45° issue du point C, le plus haut du cercle de base. Cette ombre porte le nom d'*ombre du pont*.

(*c*) *Arcade en coupe.* — Ombre d'une arcade en coupe. C'est un fragment de l'ombre précédente.

34. **Ombre du listel rentrant en coupe. — Arc doubleau.** Nous avons un demi-cylindre vertical en coupe, ayant pour base le demi-cercle horizontal AB, et à la partie supérieure un couvercle percé lui-même d'un demi-cylindre plus petit CD ; c'est ce dernier que nous nommons un *listel rentrant* (fig. 65).

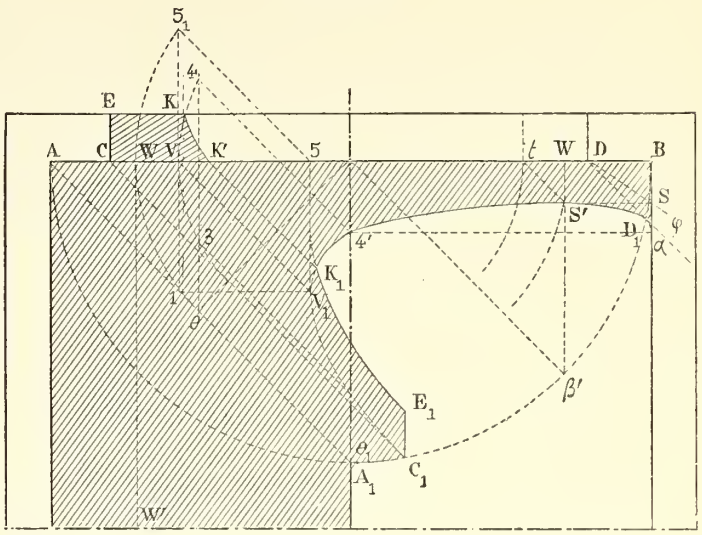
Si le grand cylindre devient une voûte, comme figure 66, le petit cylindre prend le nom *d'arc doubleau*.

(*a*) *Ombre du couvercle.* — La droite AB donnerait (fig. 65) comme ombre, le demi-cercle AA_1B, d'où l'on déduit en C_1 l'ombre de C, et en D_1 l'ombre du point D, où la droite AB est rompue par le listel.

(*b*) *Ombre du demi-cercle rentrant* CD ; ce sera la courbe passant par les points : C_1 (tangente à 45°) ; V_1 (tangente verticale, ombre du point V, à 45°, du cercle CD) ; S′ (point le plus haut, tangente horizontale), et D_1 ombre du point D (tangente à 45°). Donnons quelques détails pour obtenir ces points.

(*c*) *Point* V_1 *le plus à gauche.* — Il est l'ombre du point V, à 45°, du cercle CD. Or V, du cercle CD, est dans le mur fuyant à 45°. Quelle est la génératrice du cylindre creux, de base AB, dont l'ombre auxiliaire sur le mur fuyant à 45°

Fig. 65

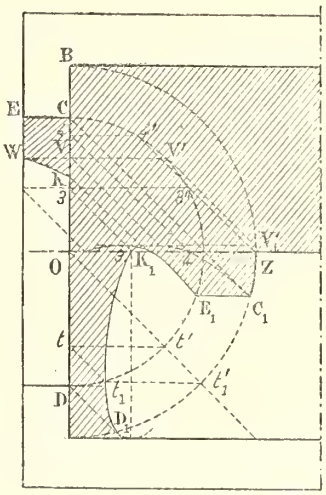


est la droite 1 V ? *Réponse :* C'est la droite $5V_1$; donc V porte ombre en V_1 sur cette droite. — Ajoutons la remarque suivante, facile à démontrer : V_1 est sur l'horizontale du point 1.

(*d*) *Points (tels que 4′) dans l'axe.* — Remonter $θ_1$ en θ, par la ligne à 45°, prendre les points 3 et 4 de recoupements avec le cercle OV, etc...

(*e*) *Point le plus haut* S′. — En employant le rayon φ.

Fig. 66



35. **Même problème. — Autre méthode plus simple.** (Le cylindre est horizontal.)

Traçons les deux cercles décrits sur AB et CD comme diamètre et considérons les comme une coupe (fig. 66) faite sur les deux cylindres et rabattue sur le côté droit.

(*a*) *Point le plus haut* (V_1). — Sur la figure 65 c'était le point le plus à gauche : V_1 est obtenu en cherchant l'ombre de V, projeté en coupe en V' ; donnant ombre sur le grand cylindre en V'_1 relevé en V_1. Le rayon lumineux $V'V'_1$ est tangent en V' au rabattement de la base de l'arc doubleau.

(*b*) *Points dans l'axe* (3' 4'). — On les obtient en prenant la génératrice Z du grand cylindre située dans l'axe ; menant le rayon lumineux Z ; prenant ses intersections 3'' et 4'' avec la base rabattue de l'arc doubleau ; remontant de 3'' et 4'' en 3 et 4 sur le cercle CD et menant finalement, les rayons lumineux 3 3' et 4 4' jusqu'à la génératrice Z.

(*c*) *Point le plus à gauche* (t'_1t_1). — Ce point est dans le méridien à 45°, $Ot't'_1$..... ; le tracé est évident sur la figure 66.

36. Ombre d'un cône ouvert dite « Ombre du trou de loup. »

(*a*) *Définition.* — On désigne ainsi l'ombre portée dans l'intérieur d'un cône de révolution creux, par sa courbe de base.

Nous savons que cette ombre est plane comme étant l'intersection de deux surfaces du second degré qui ont déjà une courbe d'entrée plane. (Voir Géométrie descriptive et Ombres usuelles.)

(*b*) *Ombre en coupe* (fig. 66 bis A). — Les points d'origine M' et N' sont les points de la courbe d'entrée situés sur les génératrices d'ombre propre (virtuelles d'ailleurs) du cône creux. — On les obtient comme il a été dit pour un cône saillant (voir n° 21), en se servant du mur fuyant à 45°, et du cercle V'δW' qui est l'ombre portée par la base sur ce plan fuyant.

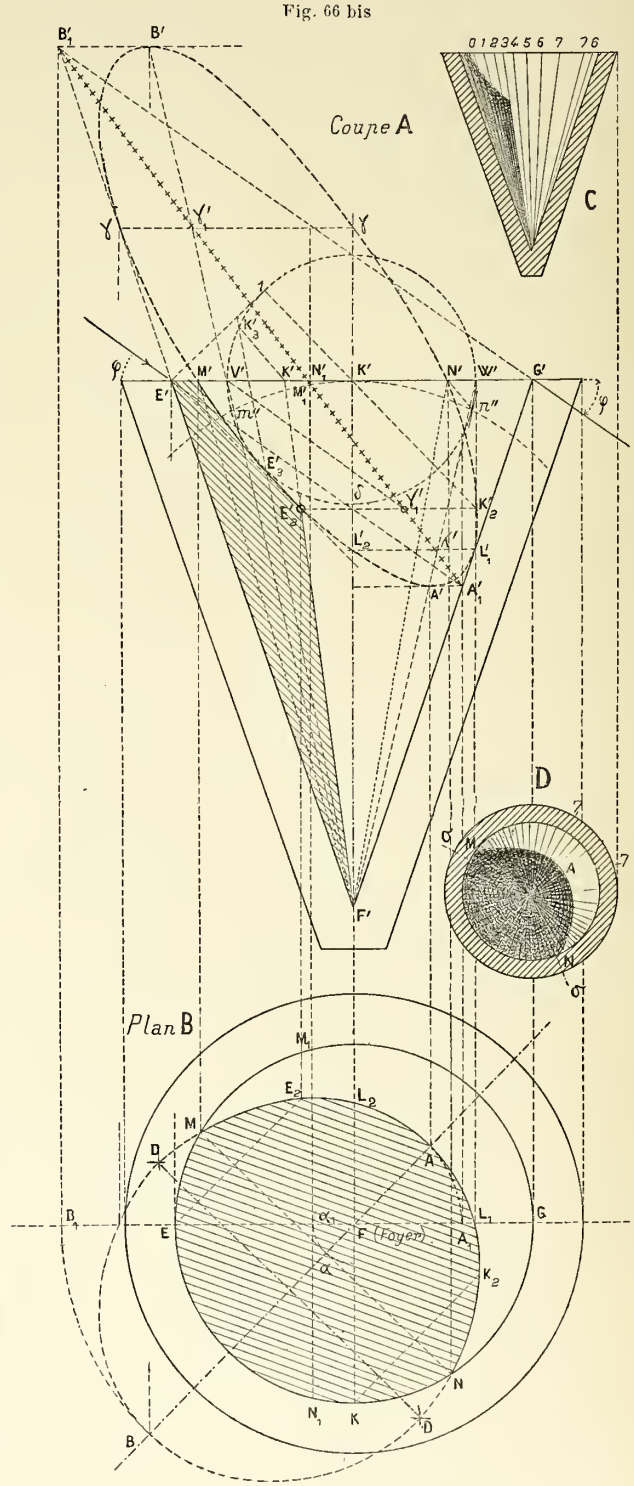
Le point le plus bas A' et le point le plus haut B', s'obtiennent en menant par E' et G' les rayons à l'angle φ, prenant en A'_1 et B'_1 les intersections avec les génératrices méridiennes, et ramenant par une rotation inverse de 45°.

(*c*) *Nota.* — La droite $B'_1A'_1$, marquée en croix, donnerait le plan de la courbe d'ombre si le rayon lumineux était de front et incliné, par conséquent, à l'angle φ. Par conséquent, en imaginant tracée l'ellipse d'intersection de ce plan debout, $A'_1B'_1$, avec le cône et ramenant tous ses points par une rotation inverse de 45°, on aurait autant de points que l'on voudrait de la véritable ellipse. C'est ainsi que le point à 45° V' portant ombre en V'_1, à l'angle φ, lorsque le plan est debout, devient le point E' portant ombre en E'_2 lorsque le plan a repris sa position naturelle. En E'_2 la tangente est à 45° et de ce point part l'ombre E'_2F' portée par la génératrice de coupe F'E' ; de même λ' devient L'_1 et L'_2, etc.

(*d*) *Ombre en plan.* — Les deux points A_1 et B_1 ramenés en A et B donnent les extrémités du grand axe. D'après le théorème de Dandelin, le point F, projection du sommet du cône, est le foyer de l'ellipse ; celle-ci est donc déterminée. Les points de départ, M et N, s'obtiennent en ramenant par une rotation à 45° les points M_1 et N_1.

(*e*) *Nature de la courbe.* — Dans le cas actuel l'ombre est une ellipse ; mais elle pourrait être, suivant l'angle au sommet du cône et suivant la direction des rayons lumineux, une hyperbole ou une parabole.

Fig. 66 bis



(*f*) *Lavis.* — Les croquis C et D indiquent l'effet à produire par le lavis ; on en parlera plus loin dans la théorie du rendu.

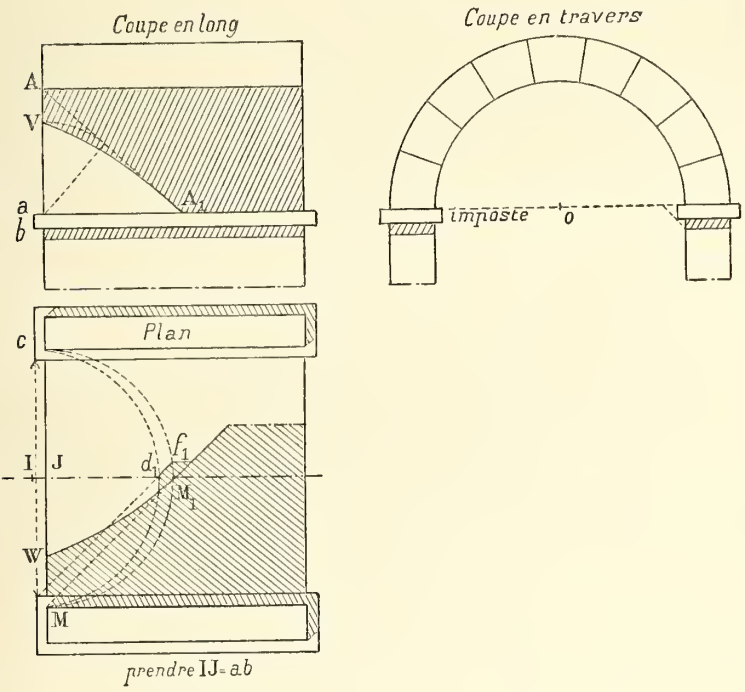
§ II. — Architecture : applications aux voûtes cylindriques

37. Ombres dans un berceau, en coupe (fig. 67).

1° V, W sont les points de départ à 45° (tangente inclinée à 1/2. Ombre du pont, n° 33.

2° A_1 ou M_1, sur la génératrice située dans l'axe, sont les ombres portées par les points A et M, avec tangentes à 45°.

Fig. 67



3° En plan I et J sont les centres des cercles d'ombres portées par les arêtes du dessus et du dessous de l'imposte.

I est à la fois sur l'axe et sur la ligne CW ; J est à une distance, à droite, du point I égale à *ab* hauteur de l'imposte. Les demi-cercles d'ombres une fois tracés le ressaut d_1f_1 s'en déduit facilement.

38. Berceau avec arcs doubleaux (fig. 68).

Cette épure est tout à fait analogue à l'ombre du listel en creux (n° 35).

Pour avoir l'ombre de la coupe en long on se servira de la coupe en travers XX′.

On remarquera le ressaut P_1P' de l'ombre sur l'arc doubleau dans la coupe en long. Il est identique au ressaut $4''4''_1$ du plan et obtenu de la même manière.

39. Voûtes d'arêtes sur plan barlong (fig. 69).

Une voûte d'arêtes est, géométriquement parlant, obtenue par l'intersection de deux cylindres ayant deux plans tan-

Fig. 68

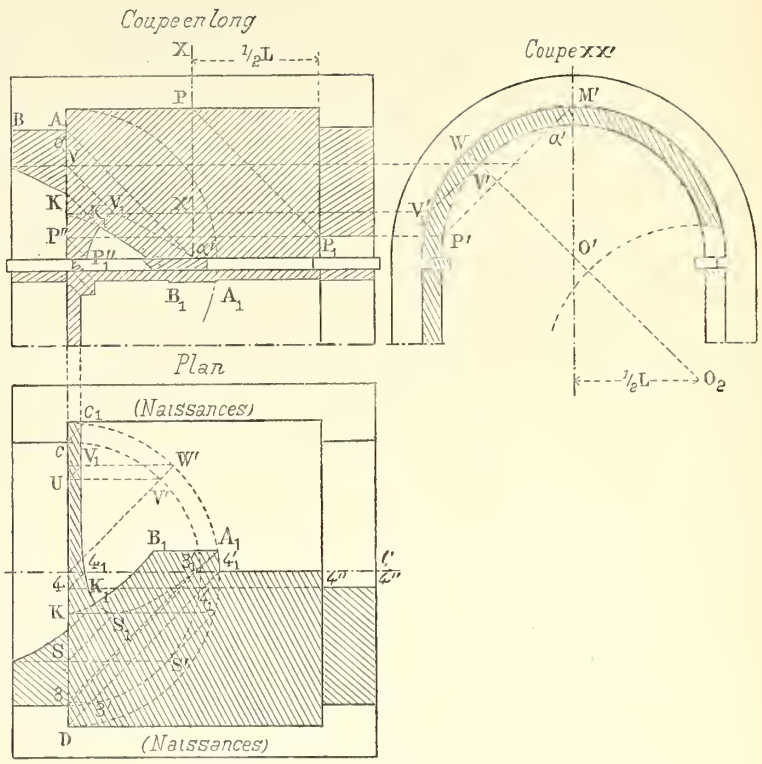
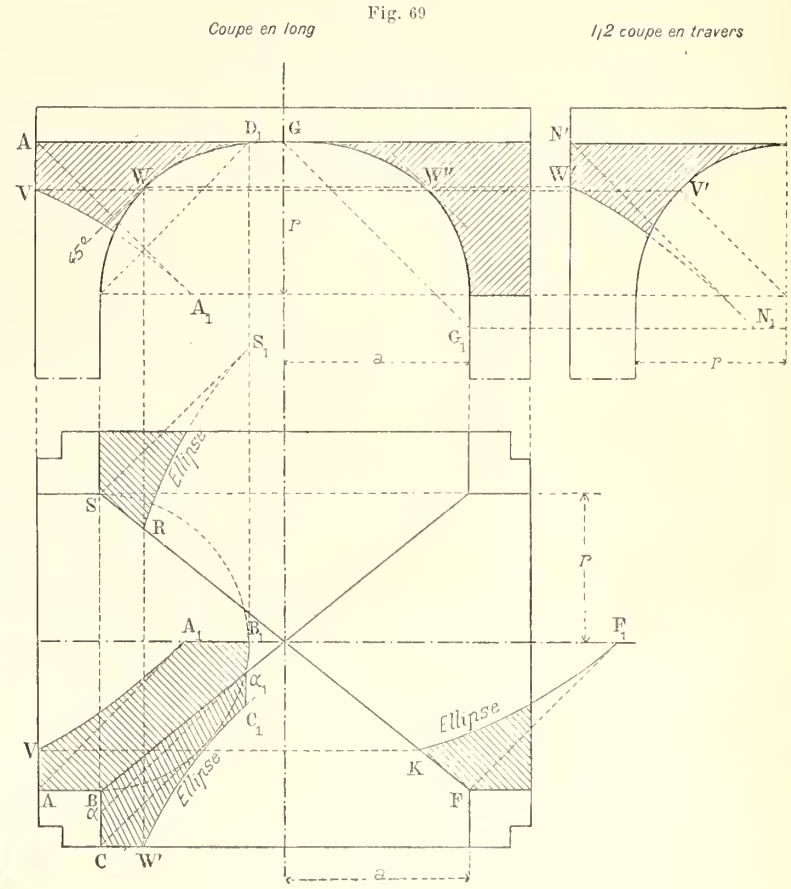


Fig. 69



gents communs (1). Dans le cas de la figure 69 nous avons deux berceaux, l'un plein cintre, l'autre elliptique surbaissé, ayant même *plan de naissance* et même *montée*, ce qui leur donne un plan tangent commun réel et, en considérant la symétrie par rapport au plan commun des naissances, si les cylindres étaient complétés, on aurait un deuxième plan tangent commun au-dessous des naissances. Dans ce cas, l'intersection des deux berceaux se compose de deux courbes planes projetées, en plan, suivant les diagonales telles que SF.

(*a*) *Ombres de la coupe en long.* — Nous retrouvons en VA_1 l'ombre du pont (n° 33) ; le point V répond au point V′ de la coupe en travers pour lequel la tangente au cercle de base est à 45°. En V la tangente est inclinée à 1/2.

(*b*) *Ombres de la demi-coupe en travers.* — C'est aussi l'ombre du pont, mais pour un berceau elliptique. Le point de départ W′ répond au point W″ pour lequel, sur la coupe en long, la tangente à l'ellipse de base du grand berceau est à 45°.

Nota. — En W′ la tangente à l'ellipse d'ombre portée $W'N_1$ n'est pas inclinée à 1/2.

(*c*) *Ombres du plan.* — 1° Chercher les génératrices d'ombres propres (virtuelles) des deux berceaux creux. Celle du berceau plein cintre est VK, obtenue comme l'on sait (sensiblement AV = 0,3 du rayon). Celle du berceau elliptique est W′W répondant au point W de l'ellipse pour lequel la tangente est à 45° sur la coupe en long; cela fait, on s'occupe d'abord des ombres sur le berceau circulaire;

2° Le point V est le départ de l'ombre du pont VA_1 sur le berceau circulaire (ellipse connue; en V, sa tangente est inclinée à 1/2 et A_1 est sur la génératrice centrale);

3° Le point K est le départ de l'ombre portée par l'arête KF dans le petit berceau, et comme FK est une courbe plane, on sait, d'après un théorème connu (2), que l'ombre portée est aussi une ellipse KF_1; le point F_1 est l'ombre du point F. La tangente y est à 45°. Ce point F est aussi dans l'axe comme le point A_1; mais au départ, en K, la tangente n'est pas inclinée à 1/2. On passe alors aux ombres portées sur le berceau elliptique;

4° Le demi-cercle SB_1B est l'ombre portée sur le petit berceau par la droite SBC supposée indéfinie; ce cercle n'est à conserver que de B_1 en α_1;

5° La génératrice α_1C_1 est l'ombre de la génératrice de naissance αC sur le berceau elliptique;

6° $W'C_1$ est une ombre du pont. En C_1 la tangente est à 45°, cette tangente est issue du point C; son départ W′ est sur la ligne d'ombre propre trouvée ci-dessus. La tangente à ce départ n'est pas inclinée à 1/2;

(1) Voir Stéréotomie, pour la définition et la génération des berceaux composés.

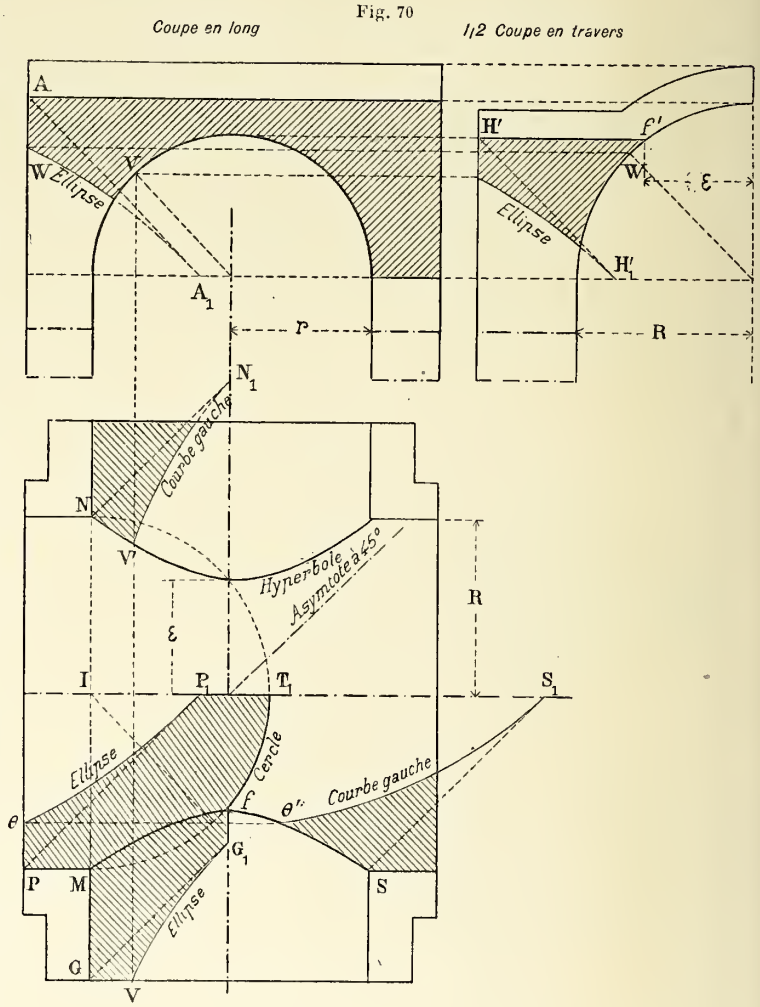
(2) Lorsque deux surfaces du second degré ont une courbe d'entrée plane, la courbe de sortie est également plane.

7° L'ombre RS_1 est portée par l'arête SF; c'est encore une ombre du pont sur berceau elliptique. Elle est facile à comprendre en regardant la figure.

40. **Lunette cylindrique droite** (fig. 70).

Dans la lunette cylindrique, les deux berceaux sont, tous les deux, pleins cintres, et comme leurs ouvertures sont différentes, ils n'ont pas la même montée et, par conséquent, n'ont pas de plans tangents communs.

Fig. 70



Ils se recoupent suivant deux courbes gauches, savoir M*f*S et sa symétrique, et l'on démontre facilement que ces deux courbes sont, en projection sur le plan, des branches d'une même hyperbole équilatère (1) dont les asymptotes seraient les lignes à 45° issues du point de croisement des axes.

L'analogie entre cette épure et la précédente est évidente.

(1) D'après ce théorème, lorsque deux surfaces du second degré ont un plan de symétrie commun, leur intersection, quoique gauche dans l'espace, se projette sur ce plan de symétrie suivant une courbe du second degré, ellipse, hyperbole ou parabole. Géométrie descriptive, 2e partie.

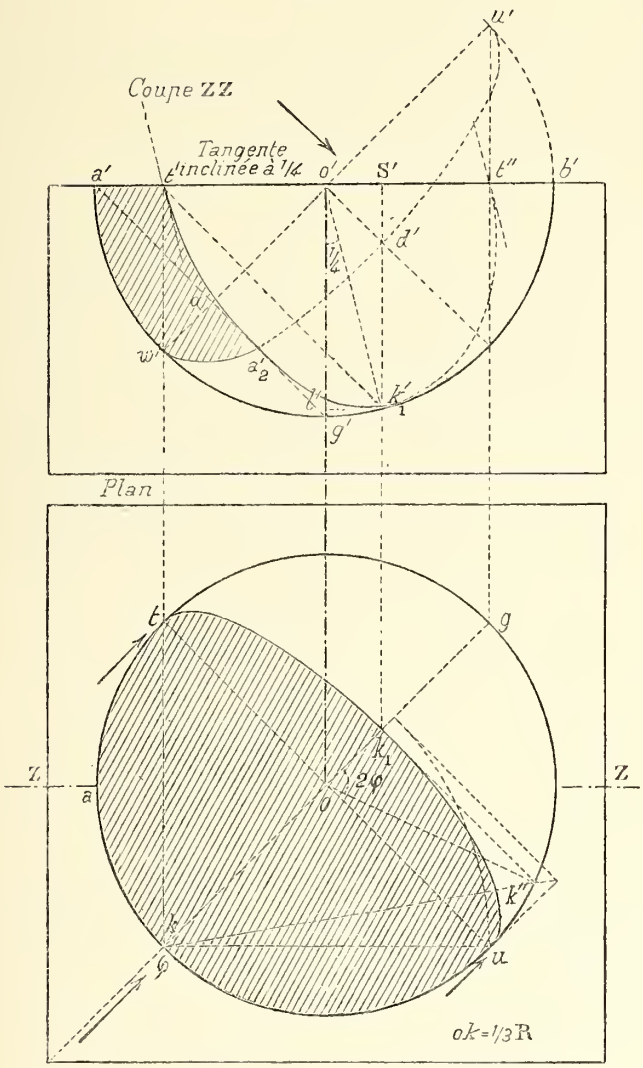
Ainsi sur le plan on retrouve en VG_1 et $0P_1$ l'ombre du pont circulaire. Seulement les courbes $0''S_1$ et $V'N_1$ qui sont les ombres portées par l'intersection gauche sur les berceaux, ne sont plus des ellipses. Néanmoins, comme pour la figure 69, en S_1 et N_1 les tangentes sont à 45°, ce qui suffit, en dessin, pour les tracer approximativement.

§ III. — Les surfaces sont sphériques

41. Ombre de l'écuelle, en plan (fig. 71).

(*a*) *Données et nature de l'ombre.* — Nous avons une demi-sphère creuse formant une cavité dans un bloc cubique.

Fig. 71



L'équateur *tku*, en plan, donne une ombre portée tk_1u qui, d'après un théorème connu (voir la note du n° 39), est une section plane de la sphère et, par conséquent, un cercle projeté suivant une ellipse.

(*b*) *Points d'origine t et u.* — Ce sont ceux où le rayon lumineux est tangent à l'équateur ; *tu* est le grand axe.

(*c*) *Point le plus éloigné* k_1. — C'est l'ombre portée par *k*, situé dans le méridien de symétrie à 45° ; pour l'obtenir on emploie la méthode des plans sécants. La section faite par le plan vertical *kg* est rabattue sur le plan de l'équateur suivant le demi-cercle *guk* ; le rayon lumineux du point *k* est rabattu en *kk''*, faisant l'angle φ avec *kg*, le point d'intersection *k''* est relevé en k_1 et l'on a dans le triangle $k''ok_1$:

$$ok_1 = ok'' \cos. 2\varphi.$$

C'est-à-dire que : *ok* (petit axe) = 1/3 R (R est le rayon de la sphère). Résultat important à retenir.

42. Ombre de l'écuelle, en coupe.

En réalité nous n'avons devant nous qu'un quart de sphère creuse.

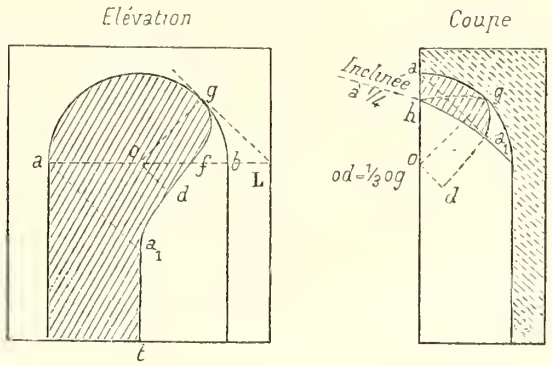
(*a*) *Epure.* — 1° Si le méridien *w'a'u'* était complet, il donnerait comme ombre portée l'ellipse *w'u'd'*, identique à celle trouvée au n° précédent, et l'on aurait : *o'd'* (petit axe) = 1/3 R.

2° Mais le méridien s'arrête en *a'* ; on prend donc en a'_2, sur l'ellipse, l'ombre de *a'* et on ne garde que $w'a'_2$.

On a aussi $\overline{\alpha a'_2} = 1/3\,\overline{\alpha g'}$; ce qui donne très exactement le point a'_2. On sait, en effet, que lorsque l'on décrit un cercle sur le grand axe d'une ellipse comme diamètre, le rapport des ordonnées du cercle et de l'ellipse est constant. Ici ce rapport est 1/3.

3° Ombre de l'équateur ($t'a'_2$). — C'est l'ombre de l'arc de cercle *at* du plan. Or : *a'* donne a'_2 (tangente à 45°) ; — *t'* est le point d'origine (à plomb de *w'*) ; ce qui suffit à tracer l'arc d'ellipse $t'a'_2$.

Fig. 72



(*b*) *Remarques.* — 1° En *t'*, la tangente est parallèle à $o'k'_1$, diamètre conjugué de *o't'*. Mais, en plan : $ok_1 = 1/3\ og$; donc (élévation) $t'k'_1 = 1/3\ o't'' = 1/3\ o't'$.

Mais $t'S' = S'k'_1$, puisque $t'k'_1$ est à 45° ; donc : $o'S' = 1/3\,\overline{S'k'_1}$. Donc : *au point d'origine t', la tangente est inclinée à un de base pour quatre de hauteur.*

2° Dans l'ombre du pont (nos 32 et 33) la tangente à l'ellipse au point de départ V (fig. 62) était inclinée à 1 de base pour 2 de hauteur. Dans l'écuelle, en coupe (fig. 71), elle est inclinée, au point de départ t', à 1 de base pour 4 de hauteur. Bien retenir cette différence entre les deux cas.

43. **Ombre de la niche sphérique** (fig. 72). — (*a*) *Élévation.* — 1° On prend od (à 45°) = 1/3R. On mène en g la tangente à 45° et on trace le quart d'ellipse odg. Il est à conserver seulement jusqu'en f.

2° On prend en a_1 l'ombre de a (dans l'axe).

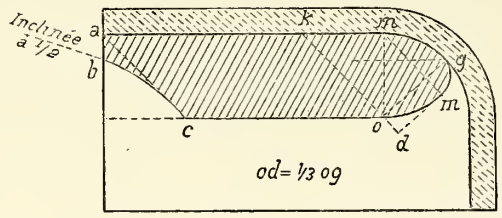
3° On relie f et a_1 par une courbe gauche tangente en f à l'ellipse fg et tangente en a_1 à la génératrice a_1t.

(*b*) *Coupe.* — L'ombre est identique à celle de la coupe de la figure 71, mais autrement orientée.

§ IV. — Architecture : applications aux voutes sphériques

44. **Berceau cylindrique terminé par un cul-de-four sphérique** (fig. 73). — bc, est l'ombre du pont. — gm, est l'arc de l'ellipse de l'écuelle. — om, est une ellipse raccordant m avec o, c'est l'ombre portée par la droite km sur le cul-de-four ; elle est tangente en o à la génératrice co et tangente en m à l'ellipse de l'écuelle, ce qui suffit, en dessin, pour la déterminer.

Fig. 73

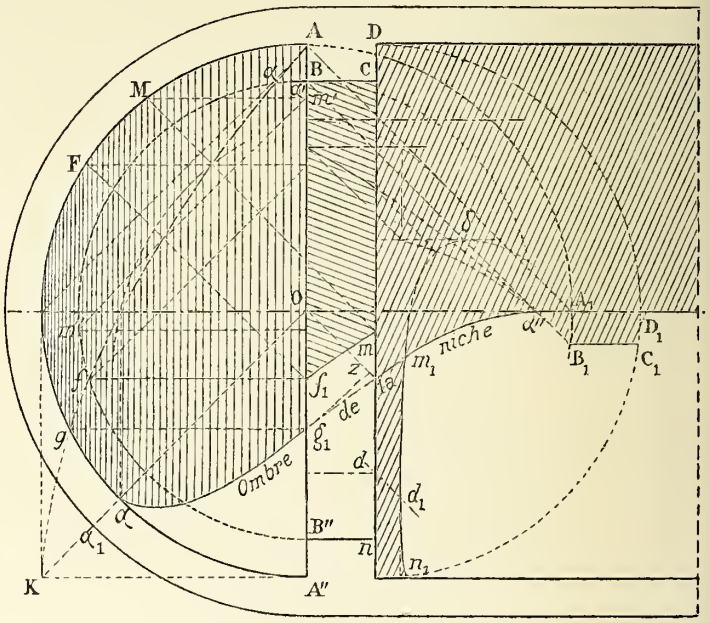


45. **Voûte sphérique précédant un berceau plein-cintre, avec arc doubleau intermédiaire.** (**En coupe.** Fig. 74.) — (*a*) *Ombres dans la sphère.* — 1° Tracer en $\alpha g_1 m_1 A_1$ comme ci-dessus (n° 43) l'ombre de la niche, savoir : de α en g_1, tracer un arc d'ellipse dont le petit axe oz soit le tiers du grand axe $o\alpha$, prendre A_1 sur l'axe, à 45° avec A. — Enfin relier A_1 avec g_1 par un arc de courbe tangent en g_1 à l'ellipse αg_1 et tangent en A_1 à la génératrice centrale A_1D_1.

(*b*) *Ressaut de l'ombre* (*en f_1m*) *sur le doubleau.* — A cet effet, imaginer que l'on a fait une coupe par le plan de profil AA″ et que cette coupe a été rabattue sur la gauche ; le cercle AgA'' est le rabattement du méridien de profil de la sphère et BfB'' est le rabattement du cercle de base du doubleau. L'arc d'ellipse AfK (en A tangente à 45°, en K tangente verticale) est l'ombre portée, connue, du cercle AFA″ sur le plan du profil ; cet arc d'ellipse rencontre en f le cercle du doubleau ; f, rappelé en f_1, donne en ce point f_1 le départ du ressaut.

Pour en avoir l'arrivée m, on cherchera comme ci-dessus (ombre du listel en creux) l'ombre $n_1d_1\delta A_1$ du doubleau sur le cylindre, et le point de brisure m_1, remonté en m, donnera le point d'arrivée du ressaut de l'ombre. Le reste de l'ombre $B_1C_1D_1$, etc.... a été étudié précédemment (ombre du listel en creux).

Fig. 74



46. **Mêmes voûtes. — L'arc doubleau précède la voûte sphérique** (fig. 75). — (*a*) *Ombres générales.* — 1° Chercher en MS comme à l'ordinaire (ombre du pont) l'arc d'ellipse MS ombre intérieure du doubleau (fig. 75).

2° En WZ on a l'ellipse d'ombre de l'écuelle ; le petit axe OZ est le tiers du grand axe OW. Elle est bonne seulement jusqu'en A_1, ombre portée par le point A.

3° La ligne droite verticale de coupe ACDB, en la supposant non interrompue entre C et D, donnerait comme ombre dans la sphère une ellipse AW′B, qui ne serait autre chose que la section de la sphère par un plan vertical orienté à 45° et passant par son centre. D'où l'on conclut que W′ est à plomb du point à 45° W.

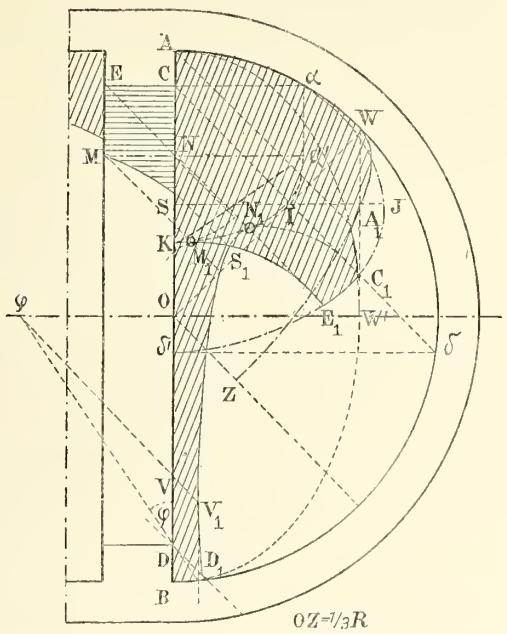
Comme vérification, A_1, déjà trouvé ci-dessus, doit aussi se trouver sur cette ellipse. Elle est à conserver, d'une

part, entre A_1 et le point C_1, ombre du point C, et, d'autre part, à la partie inférieure, entre B et D_1, ombre du point D.

4° La droite horizontale de coupe, EC, supposée indéfinie, donnerait comme ombre une ellipse $\alpha J C_1 \delta'$, projection du cercle à 45°, suivant lequel le plan d'ombre de cette droite couperait la sphère. — Ce plan d'ombre est parallèle à la ligne de terre et incliné à 45° sur les deux plans de projection. — On démontrera facilement :

Que cette ellipse est tangente au méridien de front de la

Fig. 75



sphère au point α où la droite EC prolongée rencontre ce méridien ;

Que si l'on mène $C\delta$, incliné à 45°, le point δ, rappelé en δ' sur CD, donne en $S\delta'$ le demi-petit axe de l'ellipse ;

Que si l'on abaisse OI perpendiculaire sur $C\delta$, le grand axe est la droite horizontale SIJ et, de plus, le demi-grand axe SJ est égal à $I\delta$;

Comme vérification, que cette ellipse doit passer par le point C_1 déjà obtenu. — On ne garde de cette ellipse que l'arc C_1E_1, le point E_1 étant l'ombre du point E.

(*b*) *Ombre du doubleau sur la sphère.* — Le point V, le plus à gauche, est obtenu par le rayon φ comme il a été indiqué pour d'autres cas.

L'ombre du cercle de profil DC, passe donc par les points suivants, savoir : D_1 déjà trouvé (avec tangente à 45°), V_1 déjà trouvé (avec tangente verticale) et C_1 déjà trouvé (avec tangente à 45°). Il serait bon d'en avoir un point intermédiaire, par exemple point N_1 ombre portée par le point N située sur la génératrice MN d'ombre propre, virtuelle, du doubleau ; à cet effet :

Cherchons l'ombre portée sur la sphère par la droite horizontale MN. Ce sera comme pour la droite horizontale EC, une ellipse à 45°. Le point α' situé sur la droite MN prolongée et à plomb du point α déjà trouvé, est un point de cette ellipse ; car c'est le point où la droite MN perce la sphère. On le reconnaît en remarquant que si l'on déplaçait parallèlement à lui-même le cercle de profil CD, jusqu'à ce que C prenne la position α, le cercle CD ainsi déplacé serait tout entier sur la sphère : donc le point N prendrait la position α'.

$N\alpha'$ serait le demi-grand axe de l'ellipse cherchée et, comme elle doit être semblable à l'ellipse déjà trouvée $J\delta'$, on mènera $\alpha'K$ parallèle à $J\delta'$ et l'on aura en K l'extrémité du petit axe. D'ailleurs $\alpha'K$ serait inclinée à l'angle φ (facile à démontrer). Cette ellipse une fois tracée, on en déduit en N_1 et M_1 les ombres des points N et M : de plus les ombres définitives du doubleau $S_1N_1C_1$ et $M_1S_1E_1$ sont tangentes à cette ellipse auxiliaire.

(*c*) *Nota.* — Observer la concordance à 45° du point limite S et du point de brisure S_1.

47. Ombres d'une voûte sphérique sur pendentifs, avec arcs doubleaux (fig. 76). — (*a*) *Constitution de la voûte.* — Imaginons une demi-sphère dont l'équateur passerait par les quatre sommets CC_1C_1 d'un carré horizontal (voir le plan). Coupons cette sphère par quatre plans verticaux passant par les quatre côtés C_1C — CC_1, etc...., du carré ; ce qui donne quatre petits cercles de la sphère. On peut prendre ces petits cercles pour bases de quatre cylindres, ou berceaux horizontaux, auxquels la sphère sert de jonction.

On nomme *pendentifs* les triangles sphériques qui aboutissent en pointe aux encoignures C, C_1, ... et par l'intermédiaire desquels la voûte repose sur ses points d'appui. Au-dessus des pendentifs se trouve la coupole ωW (voir la coupe) ayant la forme d'une calotte sphérique. Les berceaux peuvent être renforcés par des doubleaux à leur jonction avec la sphère.

(*b*) *Ombres de la coupe.* — Nous supposons que le doubleau du fond est un *formeret*, c'est-à-dire qu'il est encastré à moitié dans un mur plein LL (voir le plan).

Les trois autres doubleaux sont ouverts :

1° On trouve comme à l'ordinaire, par la connaissance des saillies, l'ombre O'_1 du centre O sur le plan C_1C_2 du formeret et en O'_2 l'ombre de ce même centre sur le plan LL du mur de fond. De ces points, comme centre, avec un rayon égal à $O'b$ on décrit les deux arcs de cercle 1, 2 et 3, 4.

2° On a en $K'a'b'_1$ l'ombre connue de l'arcade en coupe (n° 33, fig. 64).

3° En vK, l'ombre du pont (n° 33).

4° En WZ′ l'ombre de l'écuelle ; comme vérification le point 4 est commun à l'ellipse WZ′ et à l'arc de cercle 3,4.

(c) *Ombres du plan.* — On remarquera d'abord que la diagonale à 45°, CC_2 sera une ligne de symétrie pour l'ombre. On cherchera donc seulement la portion de l'ombre située d'un côté de cette diagonale, par exemple au-dessous et à droite. Cela posé :

1° On cherche l'ombre de la ligne droite de coupe CC_1 supposée non rompue de b en b_1. C'est une ellipse passant par les points suivants :

C_1 (tangente à 45°, car C_1 est le point de tangence à 45° de l'équateur, contour apparent horizontal de la sphère).

W placé dans l'axe.

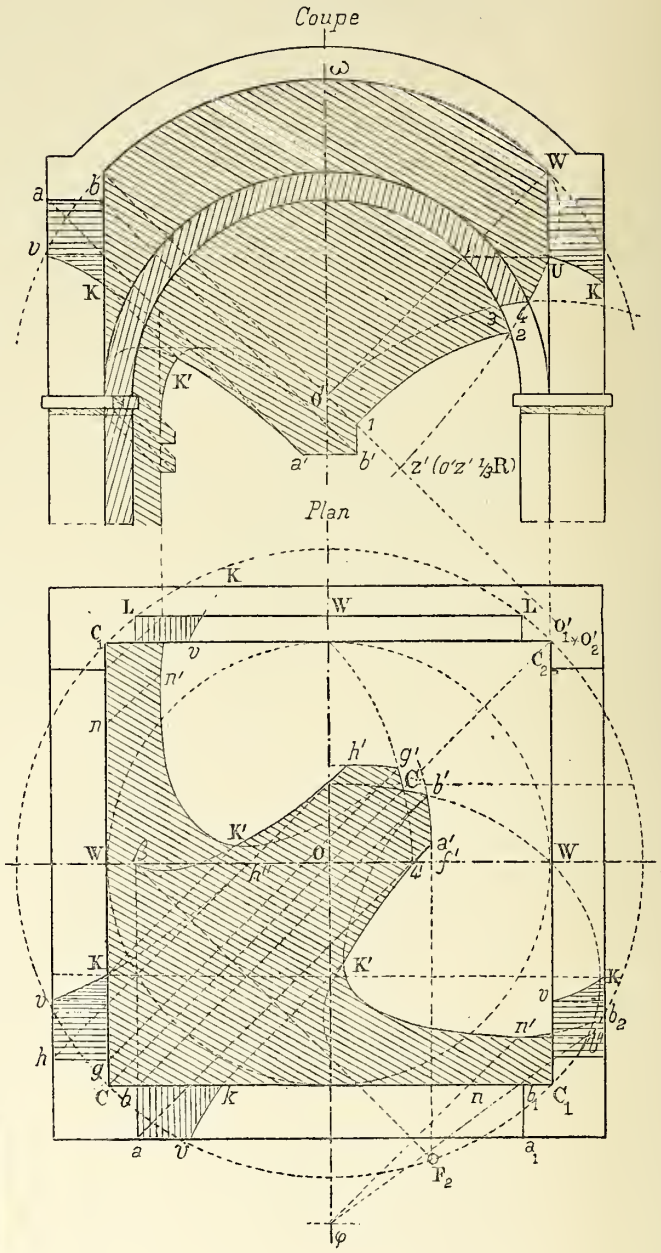
C′, ombre du point C situé sur la diagonale CC_2 et pour lequel $OC' = 1/3 OC_2$ (voir ombre de l'écuelle). Cette ellipse n'est à conserver qu'entre C′ et b'; b' est à 45° avec le point b dont il est l'ombre.

2° On cherche l'ombre portée par la ligne droite de coupe ba supposée indéfinie. C'est encore un arc d'ellipse $b'f'$ dont on a déjà un point b', obtenu ci-dessus. Le point f', extrémité de son petit axe, est à plomb de F_2, obtenu comme suit :

βF_2 est à 45° et β est à plomb de b (ce tracé est facile à justifier en considérant βF_2 comme la trace sur un plan vertical, du plan d'ombre de la droite indéfinie à $b\beta$) ; en f' la tangente à l'arc d'ellipse $b'a'f'$ est verticale : cet arc est donc connu ; il est à conserver seulement entre b' ombre du point b et a' ombre du point a.

3° On cherche l'ombre $b'K'n'b_2$ portée par le premier arc CC_1 du doubleau. On a en b' déjà trouvé, son point de départ avec tangente à 45°. En n', obtenu par l'angle φ, le point le plus près. On trouverait facilement un point intermédiaire. On fait ressauter le point limite k de l'ombre du pont Vk en K′, ce qui donne le point de brisure. L'ombre du deuxième arc aa part du point a' déjà trouvé, avec tangente à 45°, et aboutit en K′ point de brisure que nous venons de déterminer, ce qui suffit pour la tracer.

Fig. 76



CHAPITRE V

APPLICATIONS

§ I. — Applications aux ordres d'architecture

48. Chapiteau dorique romain (fig. 77).

(*a*) *Talon du tailloir.* — (Aucune difficulté, voir ombres portées sur les moulures cylindriques, n°s 12-13...)

(*b*) *Echine.* — C'est une portion de tore dont la méridienne n'est pas un arc de cercle, mais la courbe connue du quart de rond. Le profil s'en trace à la main.

On cherche : 1° Son ombre propre savoir : Le point F situé à 45° sur l'équateur (tracé connu). Le point B sur le contour apparent de gauche (tangente à 45°) et le point B′ sur le méridien de profil et au même niveau que B. Le point le plus bas C′ en menant la tangente à l'angle φ, et ramenant le point de contact C en C′.

2° L'ombre auxiliaire portée par le tore sur le plan fuyant à 45° (tracé connu n° 32). On voit la partie utile de cette ombre auxiliaire en F (tangente verticale), B_2 (tangente à 45°), φ (tangente horizontale); nous nommerons cette courbe la *courbe ovale de l'échine.*

(*c*) *Ombre du tailloir* AA′ *sur le tore.* — L'arête AA′ du tailloir porte ombre sur le plan auxiliaire fuyant, suivant la droite à 45°, A′I qui va servir (n°s 14, 15... Ressaut des ombres).

L'ombre portée par AA′ sur l'échine n'est autre chose qu'une section de ce tore par un plan passant par AA′, lequel plan est incliné à 45° et est parallèle à la ligne de terre.

Si ce plan tournait de 90° autour de l'axe du chapiteau il deviendrait perpendiculaire au plan vertical de projection et y serait projeté en entier suivant sa trace AI qui serait l'ombre de l'arête projetée tout entière au point A de gauche. Faisons faire une rotation de 90° à cette section projetée suivant la droite AI et nous aurons l'ombre cherchée pp''M′P′.

Par cette rotation on aura le point le plus haut M′, en ramenant le point M sur l'axe.

Pour obtenir les autres points, appliquons la méthode des projections obliques et servons-nous du plan auxiliaire fuyant à 45°, de la manière suivante :

Les deux points de perte P′ et p s'obtiennent en prenant les intersections P'_3 et P_3 de la droite A′I, ombre auxiliaire de l'arête AA′, et de la *courbe ovale* $FB_2\varphi$, ombre auxiliaire de l'échine, et remontant ensuite, par des rayons lumineux inverses, des points P_3 et P'_3 aux points p et P′ sur la séparatrice du tore. (En p et P′, tangentes à 45°.)

Remarque. — 1° Par raison de symétrie, le point P′, reporté symétriquement en p'', et au même niveau, donne un autre point de la courbe d'ombre portée ; 2° l'arête du tailloir, projetée en A, a son ombre Mg, qui rencontre en g la séparatrice. Les deux points p et g doivent être au même niveau.

(*d*) *Ombre du tailloir sur le gorgerin et sur l'annelet.* — Du point I comme centre, avec un premier rayon égal à celui du gorgerin, on trace un arc de cercle A_2g_2; c'est l'ombre indéfinie du tailloir sur le gorgerin. On prend un rayon égal à celui de l'annelet et, du même centre I un nouvel arc de cercle g_1p_2 donne l'ombre portée sur cet annelet. On limite cette dernière en p_2 qui est le ressaut du point de perte p. De même g_1 ressaute en g_2.

(*e*) *Ombre de l'échine sur l'annelet, sur le gorgerin et sur l'astragale.*

1° Sur l'annelet. — p_2 déjà obtenu en est un point. Le point limite h' s'obtient en traçant en Kh_3 le cercle d'ombre portée par la base de l'annelet sur le plan fuyant à 45°. (On sait que c'est le cercle qui passe par le point à 45°, k, du cercle de base de l'annelet.) On prend son intersection h_3 avec la courbe ovale Fφ et l'on remonte en h' par un rayon inverse. h' est le point limite cherché.

2° Sur le gorgerin. — On chercherait d'abord, comme on l'a vu plus haut, l'ombre $g_2h_2\pi$ du listel sur le gorgerin (π en serait le point de perte).

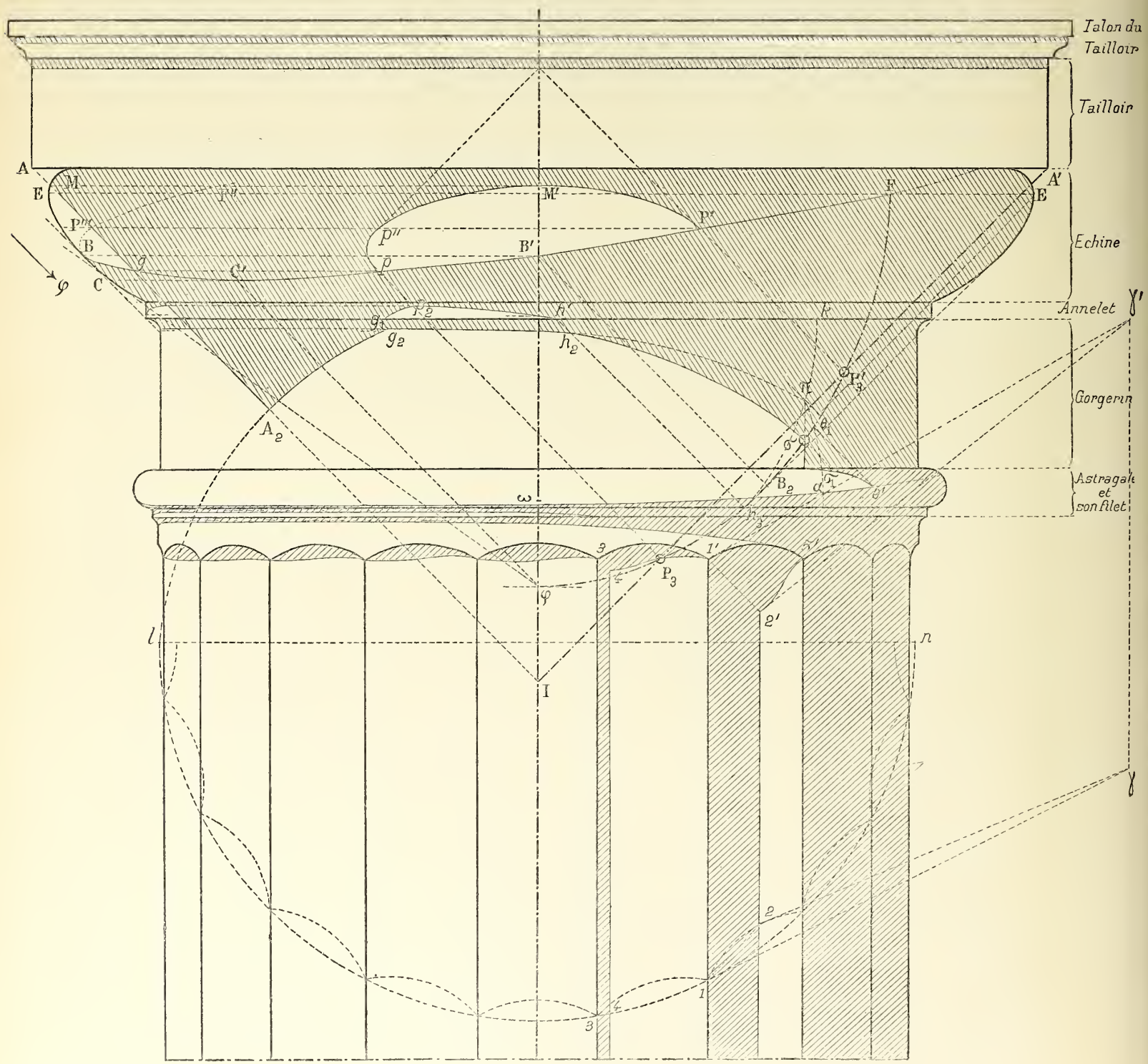
On fait ressauter g_1 en g_2 et h_1 en h_2 sur cette courbe, qui n'est à conserver qu'entre g_2 et h_2 et, à gauche, au-delà de l'ombre à 45°, gA_2. A partir de h_2 l'échine substitue son ombre $h_2\sigma$ à celle de l'annelet. Le point de perte, avec tangence à 45°, est en σ, au point où la courbe ovale Fφ rencontre la séparatrice $\pi\sigma$ du gorgerin. La tangente y est à 45°, ce qui suffit pour tracer la courbe de h_2 en σ.

3° Sur l'astragale. — On cherche en $\alpha\theta_1$ la courbe ovale de l'astragale. (On sait que sans erreur sensible on peut lui

substituer un arc de cercle de centre ω (voir n° 32). On prend son intersection θ_1 avec la courbe ovale de l'échine et on en déduit en θ' le point de perte dans l'astragale, ce qui suffit pour tracer l'ombre portée $\sigma_1\theta'$; en θ' la tangente est à 45°.

Le reste de l'épure se comprend facilement.

Fig. 77



(*f*) *Ombres des cannelures.* — Pour trouver les ombres portées dans les cannelures on a dû faire une section horizontale du fût. Elle est rabattue en $l\,3\,1\,n$; en réalité elle remplace un plan.

On remarquera la construction donnée pour avoir en $\gamma'2'$ la tangente au point de brisure $2'$ de l'ombre portée par la courbe de tête $1'5'$ sur le fond de la cannelure. On reconnaîtra que la droite $2'\gamma'$ n'est autre chose que l'ombre portée par la tangente $1'\gamma'$ à la courbe de tête au point $1'$, sur le plan tangent 2γ au cylindre creux qui constitue la cannelure.

49. Ombres d'une colonne dorique engagée dans un mur.

On suppose (fig. 78) que la colonne est engagée au tiers de son diamètre, ou, ce qui revient au même, que l'axe de la colonne est à une distance δ du mur égale au tiers du rayon.

(*a*) *Ombres propres du chapiteau.* — (Voir l'épure précédente) ;

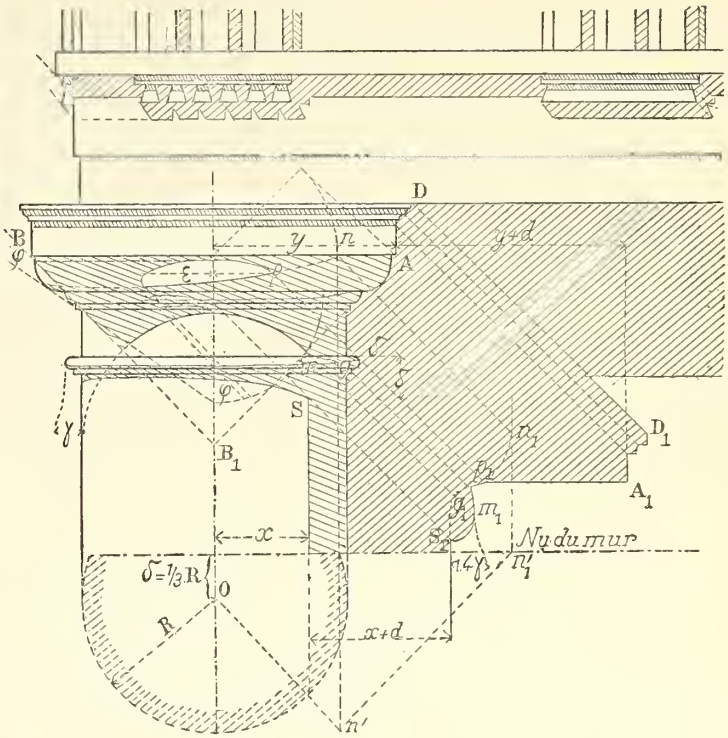
(*b*) *Ombres portées sur le mur.*

1° L'ombre propre du fût de la colonne étant à une distance de l'axe $x = R\frac{\sqrt{2}}{2}$, son ombre se trouve à une distance $x + \delta$.

2° Le tailloir ayant pour demi-largeur y, son ombre A_1 se trouve à une distance à droite du point A égale à $y + \delta$.

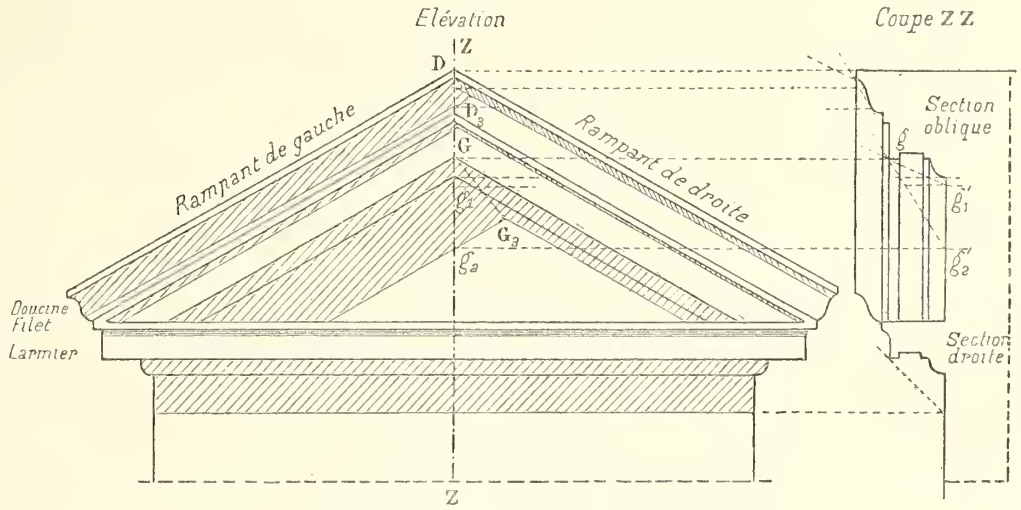
3° L'astragale donne une ombre portée assez développée $g_1 m_1 S_1$. Soit γ la saillie de l'astragale par rapport au fût de la colonne ; l'ombre portée de l'astragale fait par rapport à l'ombre portée du fût une saillie égale à $\gamma\sqrt{2}$, soit sensiblement $1{,}4\gamma$. Le point le plus à droite m_1 est l'ombre portée par le point m de l'ombre propre de l'astragale situé sur l'équateur.

Fig. 78



4° L'échine donnerait une ombre portée dont on a facilement le point de brisure p_1 (à 45° avec le point de perte p) et le point le plus à droite n_1. On ne conserve, comme réelle, qu'une très petite partie $p_1 g_1$ de cette ombre portée. p_1 répond au point de perte p de l'échine et g_1 répond au point de perte g de l'astragale.

Fig. 79



50. Ombres d'un fronton.

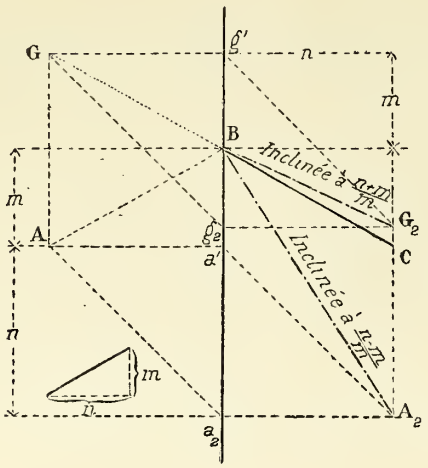
(*a*) *Description* (fig. 79). — On sait que les moulures d'un fronton s'obtiennent en prenant les moulures horizontales de la corniche et en les inclinant à la pente du fronton.

La doucine ne règne que sur les rampants. Le retournement se fait sur le filet inférieur de la doucine. La partie horizontale de la corniche comporte donc toutes les moulures du couronnement, sauf la doucine.

Au point de vue géométrique nous considérerons les deux rampants comme deux cylindres ayant pour base

commune la section oblique faite dans chacun d'eux par le plan vertical de coupe ZZ. La coupe ZZ dessinée à droite

Fig. 80



donne le profil de cette section. Cette section oblique présente les mêmes saillies que la section droite donnée par le plan de coupe ZZ dans la partie horizontale ; mais les hauteurs sont plus grandes. On peut la considérer comme une dilatation, en hauteur, de la section droite située au-dessous.

(*b*) *Ombres.* — On considère donc les rampants comme formant deux cylindres inclinés, ayant pour base la section oblique faite par le plan ZZ vertical et on cherche d'abord (fig. 80) les ombres que porteraient sur le plan de cette section oblique une génératrice BA du cylindre de droite et une BC, prolongée en BG, du cylindre de gauche.

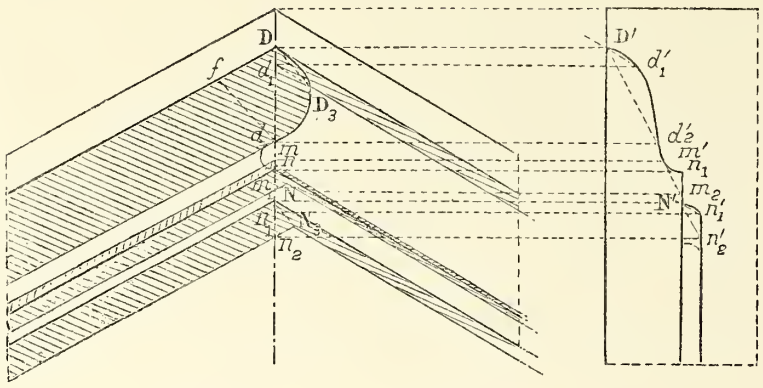
La figure 80 indique cette recherche.

Le point A*a'* de l'arête de droite porte ombre en a_2, rabattu en A_2 et BA_2 est l'ombre de cette arête de droite ; de même BG_2 est l'ombre de l'arête de gauche.

Il est facile de reconnaître que si le rampant du fronton est incliné à la pente m/n (c'est-à-dire m de hauteur pour n de base), l'ombre du rampant de gauche BA_2 est inclinée à $(n + m)$ de hauteur pour m de base, tandis que l'ombre BG_2 du rampant de droite est inclinée à $(n - m)$ de hauteur pour m de base.

On se sert de ces directions BA_2 pour le rampant de gauche, et BG_2 pour celui de droite, comme on se sert du rayon à 45° pour les moulures horizontales.

Fig. 81



(*c*) *Détail du sommet.* — On voit (fig. 81) à plus grande échelle le détail des ombres portées aux environs du sommet D. Les points marqués $d_1d'_1$ et $n'n'_1$ servent de départ aux ombres portées sur le rampant de droite ; on s'est servi pour les obtenir du rayon incliné à $(n - m)$ de hauteur pour m de base. Les points marqués $d_2d'_2n_2n'_1$ s'appliquent au rampant de gauche. On s'est servi, pour eux, du rayon incliné à $(n + m)$ de hauteur pour m de base.

Les points de brisure D_3N_3 sont à 45° avec les points de retournement D et N. De D_3 en d_2 nous avons une courbe qui est l'ombre portée par la portion D*f* de l'arête de la doucine de gauche, sur la doucine de droite ; c'est donc, en réalité, une section plane de la doucine de droite.

La différence de pente des rayons BA_2 et BG_2 fait bien comprendre pourquoi le rampant de droite est beaucoup moins ombré que celui de gauche.

51. **Portail d'ordre Dorique.** — Comme synthèse des études d'ombres relatives à l'ordre dorique et aux frontons nous donnons le dessin d'une partie du portail de Saint-Gervais, à Paris. Il n'y a de nouveau que les modillons *m*, *m* de la corniche horizontale et de la corniche rampante. Le tracé des ombres s'y fera d'après les méthodes du ressaut des ombres (fig. 82 empruntée au cours de l'Ecole Polytechnique).

52. **Ombres d'une base attique** (fig. 83).

(*a*) *Ombres propres.*

1° *ab* est l'ombre propre du fût ; *b*β est l'ombre propre du congé ; le point β est le point où le rayon à 45° est tangent au contour apparent de droite du congé. Cette ombre

Fig. 82 (Empruntée au Cours de Dessin technique de M. Bécourt).

Fig. 1

Rampant de droite

Rampant de gauche

Larmier incliné

Larmier

Section oblique.

Section droite.

Bandeau de l'architrave.

Taillon

Echine

Astragale

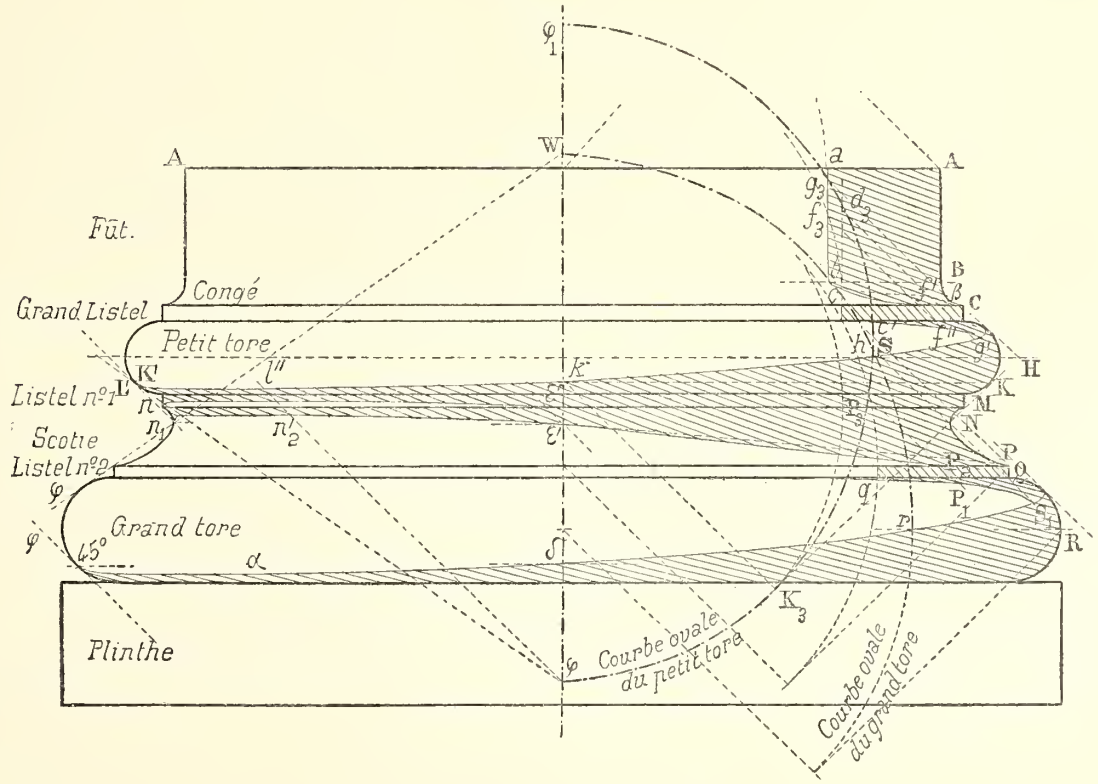
Section horizontale rabattue.

Nu du mur

Fig. 2

Coupe sur le fronton

Fig. 83



propre est *virtuelle* dans la plus grande partie de son étendue ; c'est l'ombre propre du grand listel (voir *Ombres des cylindres*).

2° K'l''Khg', est l'ombre propre du petit tore (voir *Ombres du tore*, n° 26).

L'ombre propre du listel n° 1 est inutile à chercher, elle sera noyée.

3° *q*, est l'ombre propre du listel n° 2 (voir *Ombres des cylindres*).

4° αδrS, est l'ombre propre du grand tore.

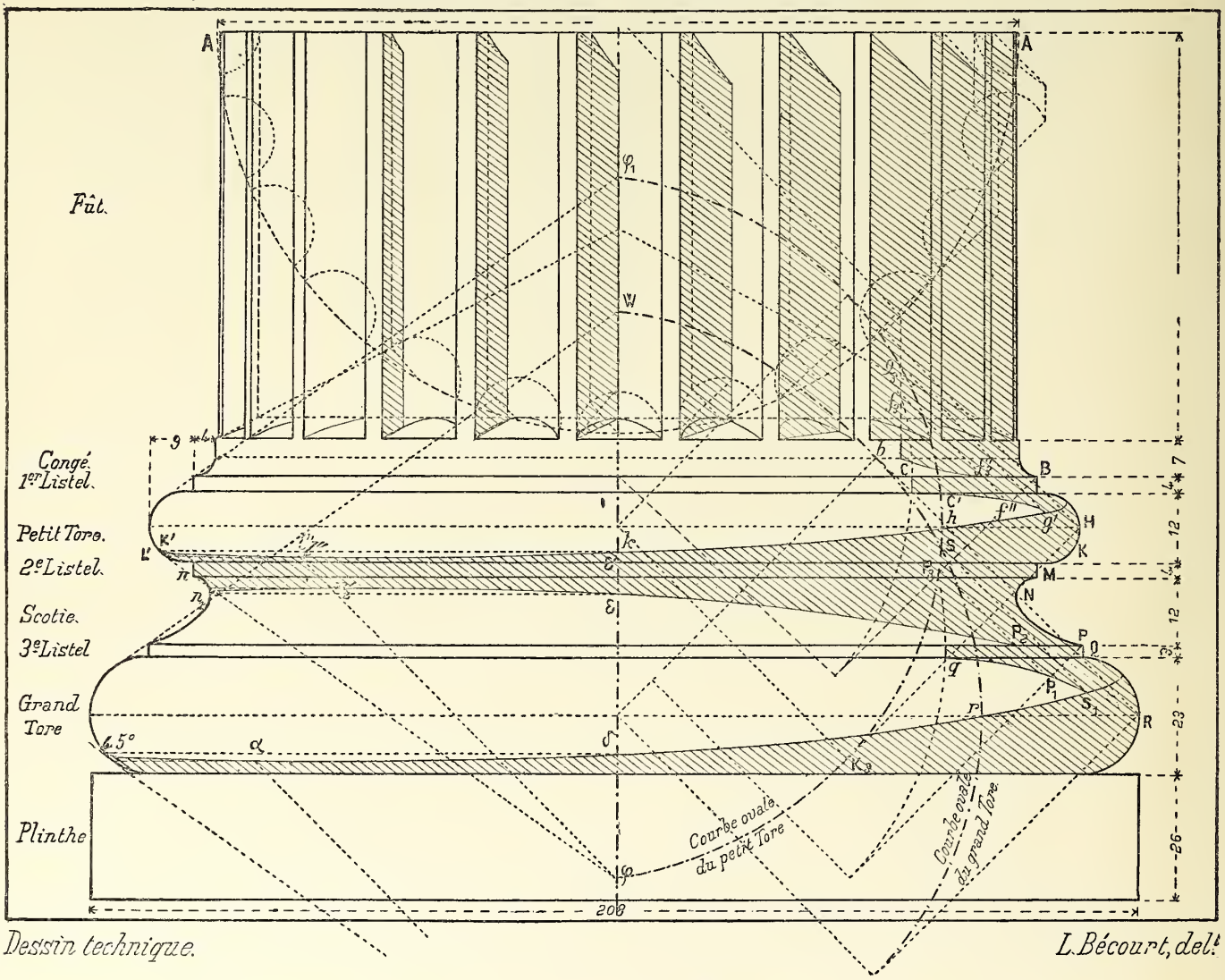
(*b*) *Ombres portées.*

(A) Ombres auxiliaires portées sur un plan fuyant a 45°.

1° Tous les listels et le fût étant des cylindres, ont pour ombres portées auxiliaires leurs ombres propres elles-mêmes.

2° Les cercles de base des listels donnent comme ombres auxiliaires des cercles passant par leurs points à 45°, savoir :

Fig. 84 (Empruntée au Cours de Dessin technique de M. Bécourt).



Le cercle du listel C donne l'arc de cercle cf_3.

Le cercle P du listel PQ donne l'arc de cercle qP_3.

3° Le petit tore donne la courbe ovale φ_1, $h\varphi$ obtenue comme il a été indiqué plus haut (ombre de l'astragale (n° 31) ; le grand tore donne la courbe ovale rS dont nous ne traçons que la partie supérieure.

(B) Ombres portées. — Les recoupements de ces ombres auxiliaires permettent de déterminer les ombres portées. Ainsi :

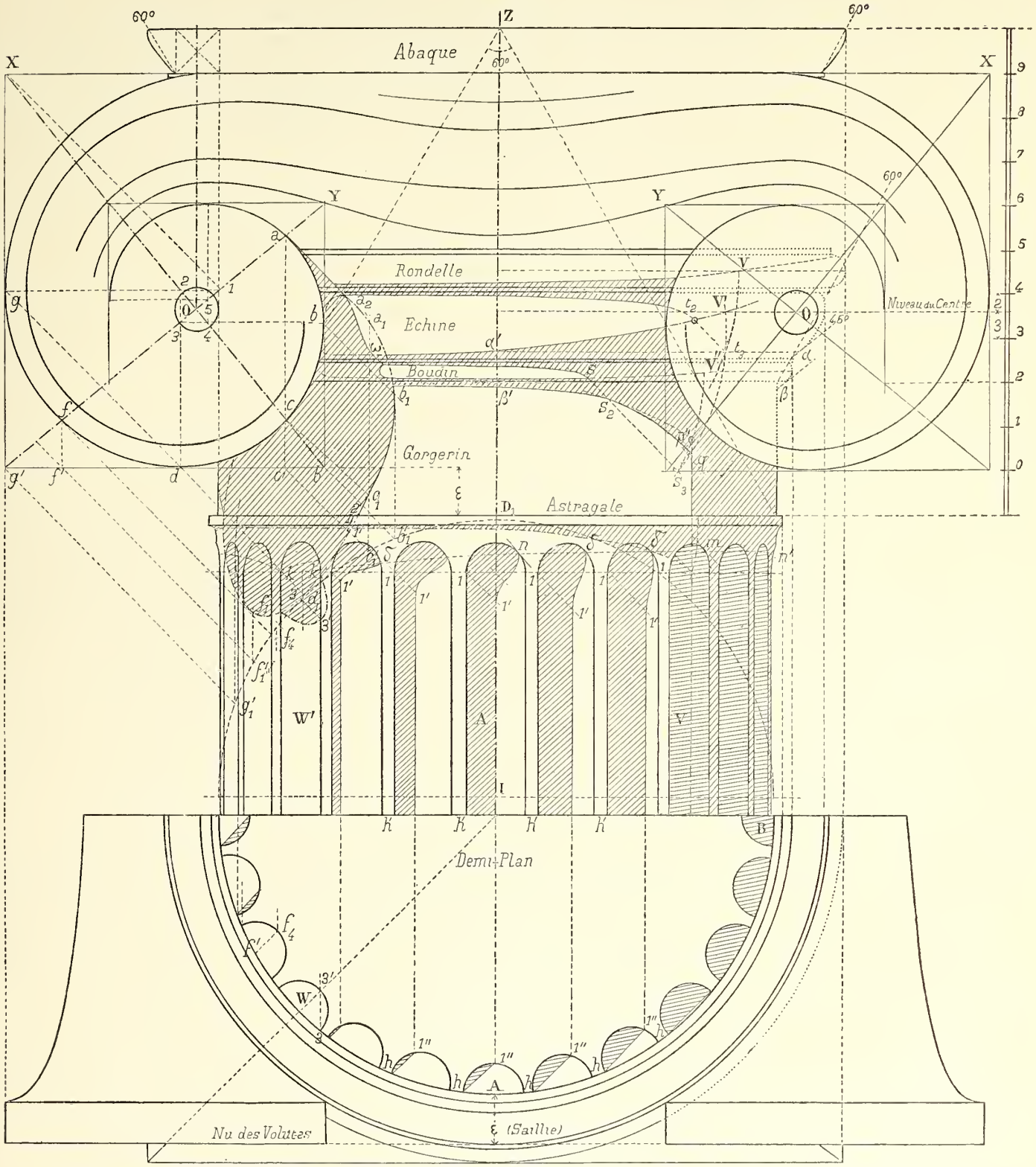
Le cercle auxiliaire cf_3 recoupe en f_3 l'ombre propre du fût. Le rayon lumineux f_3f'' donne en f'' un point limite d'ombre portée du fût sur le cercle C. L'ombre ressaute ensuite de f'' en f''' sur le petit tore.

La courbe ovale $h\varphi$ du petit tore recoupe en g_3 l'ombre propre du fût. Le rayon lumineux g_3g' donne en g' le point de perte de l'ombre portée du fût sur le petit tore.

De même : l'ombre auxiliaire qP_3 du cercle P rencontre

en P_3 la courbe ovale $\varphi_1 h \varphi$ du petit tore ; par conséquent, le rayon P_3P_2 donne alors en P_2 le point limite d'ombre portée par le petit tore sur le cercle P. L'ombre ressaute ensuite de P_2 en P_1 sur le grand tore.

Fig. 85



Les deux courbes ovales $\varphi_1 h \varphi$ et Sr se rencontrent en S ; par suite, le rayon SS_1 donne en S_1 le point de perte de l'ombre portée par le petit tore sur l'ombre propre du grand tore, etc.

(*c*) *Base attique avec colonne cannelée.*

La figure 84 donne, à plus grande échelle, la même épure se rapportant à une colonne cannelée.

Les cannelures viennent, à la partie inférieure, s'amortir dans un cône de révolution en donnant lieu à des courbes d'intersection dont les points les plus hauts sont tous à la même hauteur, et sont placées sur les génératrices du fond de chaque cannelure ; cela suffit pour déterminer ces courbes.

L'épure d'ombres se comprend d'elle-même d'après ce qui précède.

53. **Ombres d'un chapiteau ionique grec.** — (A) **Dessin du chapiteau** (fig. 85).

Un chapiteau ionique grec, analogue à celui de l'Erechthéïon à Athènes, se compose en réalité de deux parties, savoir :

(*a*) Un *gorgerin* et une *échine*, comme dans le chapiteau dorique ;

(*b*) Un *coussinet* remplaçant le tailloir du chapiteau dorique, lequel coussinet, comprenant l'*abaque* et les *volutes*, s'emboîte très exactement sur l'échine, grâce aux deux saillies débordantes constituées par les *volutes* ;

(*c*) Une *rondelle*, affectant la forme d'un tore et analogue aux coussins en paille dont se servent les bardeurs pour empêcher les arêtes des pierres de taille de s'écraser, sépare les deux parties : en réalité cette rondelle fait corps avec le coussinet et est sculptée dans la même pierre que lui.

Sans entrer dans le détail du tracé exact de ce chapiteau nous admettrons :

1° Que sa hauteur D_1Z est donnée en traçant sur le diamètre du fût un triangle équilatéral ;

2° Que les moulures, savoir : le quart de rond de l'abaque ; le quart de rond de l'échine, le boudin inférieur et la rondelle supérieure s'étagent sur des lignes inclinés à 60°. (Voir le profil $\beta\alpha$ donné, à droite, en pointillé ; voir aussi la coupe, fig. 86) ;

3° Que la hauteur totale du chapiteau a été divisée en 11 parties égales, et que la volute occupe, en hauteur, neuf de ces parties ;

4° Que le centre O de l'œil de la volute partage la hauteur de ces neuf parties en deux segments qui sont entre eux comme les nombres 2 et 3 ;

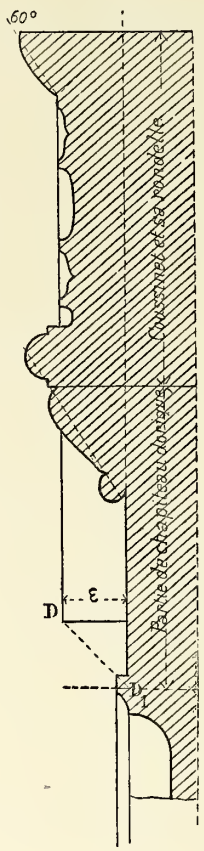
5° Que les directrices OX et OY des volutes sont à angle droit, l'une sur l'autre, ce qui permet, en se servant des tangentes horizontales et verticales, de tracer ces volutes soit à la main, soit au compas ;

6° Que le plan des volutes fait en avant du nu de la colonne une saillie ε (voir le plan) égale à une de ces parties, soit à 1/9 de la hauteur des volutes, c'est-à-dire une saillie égale à la hauteur de l'abaque.

(B) **Tracé des ombres.** — (*a*) *Ombres des volutes sur le fût.* — On commence par supposer que le fût existe seul, et on ne tient compte ni des cannelures ni de l'échine. L'ombre portée sur le fût lisse est la courbe $f_1c_1b_1a_1$, obtenue rapidement comme suit :

1° La tangente horizontale $g'b'$ a donné, comme ombre, le cercle $g'_1b'_1$ dont le centre est I (voir ombre du tailloir) trouvé *à priori*, puisque l'on connaît la saillie ε (voir le plan) du nu des volutes en avant du nu de la colonne, ce qui donne immédiatement le point D_1 le plus haut de ce cercle d'ombre ;

Fig. 86



2° Les points d'angle g' et b' et les points f' et c' projetés à 45° sur ce cercle permettent de trouver les ombres des points les plus importants de la volute, savoir : f en f_1 (tangente à 45°, point de contour apparent) ; d en d_1 (la courbe et le cercle y ont même tangente) ; c en c_1, b en b_1 (tangente verticale), et a en a_1 (tangente à 45°, autre point de contour apparent).

On gardera cette courbe partout où le fût subsiste et on la fera ressauter, tout à l'heure, quand on aura déterminé les ombres propres et portées des autres surfaces, telles que : rondelle, échine, boudin et astragale..

(*b*) *Ombres des surfaces de révolution.* — Il n'y a rien de nouveau à dire à ce sujet.

1° On déterminera les ombres propres de tous les tores et du fût ;

2° On tracera les *courbes ovales* des différents tores (ombres portées de ces tores sur le mur fuyant à 45°), savoir : Vt_3, courbe ovale de la rondelle ; $V't_3q$, courbe ovale de l'échine ; $V''p''S_3$, courbe ovale du boudin ; on sait que, pour les tores larges et de faible hauteur, on peut substituer sans erreur sensible à cette courbe ovale un arc de cercle (voir plus haut, ombre de l'astragale) ;

3° On en déduira, en remontant par des rayons lumineux inverses, en t_2 et en S les points de perte (tangentes à 45°) et, du même coup, le point de brisure S_2 ;

4° On fera ressauter ensuite l'ombre de la volute sur l'astragale, sur le boudin, sur l'échine et sur la rondelle, en observant toujours de mettre un point limite, tel que 1 sur l'astragale, ou un point de perte, tel que ω sur l'échine, sur la même ligne à 45° que le point de brisure correspondant.

Ce ressaut se tracera surtout au sentiment.

(*c*) *Ombres des cannelures.* — 1° La cannelure centrale A donne l'ombre de la niche traitée plus haut.

On se rappelle que le point de départ *n* répond au point où le rayon lumineux est tangent au quart de sphère qui constitue le plafond de la cannelure et que le *point de raccordement* 1′ se trouve sur l'ombre portée par l'arête de gauche *hh′* de la cannelure. Sur les autres cannelures le tracé se fera comme suit :

2° *Le plan* permet de trouver en 1″, 1″, 1″, ... les ombres portées par les arêtes de gauche *h*, *h*, ... sur le fond des cannelures ; ce qui donne, en élévation, tous les points de raccordement 1′, 1′, 1′, 1′, ...

3° Les points de départ *n*, δ, δ, *m*, ... ne se trouvent pas tous très facilement, comme le point *n* de la cannelure centrale, en menant des tangentes à 45°, aux ellipses projections verticales des cercles de couronnement. Mais on peut immédiatement trouver 4 de ces points de départ, savoir :

1er point : Sur la cannelure WW′, à 45° en pleine lumière, le point d'origine est en *k* à la naissance de l'ellipse ; car le petit cylindre qui serait circonscrit à la sphère du plafond, tout le long du cercle de couronnement, serait un cylindre horizontal à 45°, parallèle, en plan, à la projection horizontale des rayons lumineux, et son ombre propre passerait par les points de naissance *k*, *k*, ...

2e point : Sur l'autre cannelure de droite V, à 45° dans l'ombre, le cylindre analogue serait perpendiculaire, en plan, au rayon lumineux, et son ombre propre s'obtiendrait en menant en *m*, une tangente à l'angle φ, à son cercle de base rabattu, ou, ce qui revient au même, une tangente à 45°, à l'ellipse 1, *m*, projection verticale de ce cercle de base non rabattu.

3e point : Sur la cannelure centrale le point *n* répond au point de tangence à 45° (ombre de la niche).

4e point : Sur la dernière cannelure de droite B, par raison de symétrie, le point *n′* est au niveau du point *n* de la cannelure centrale.

Cela donne donc quatre points de départ *v*, *n*, *m′* et *n′* obtenus immédiatement. On joint ces quatre points par une courbe continue, ce qui donne, par recoupements avec les autres ellipses, les autres points de départ δ, δ, δ, ...

Le reste de l'épure s'achève facilement.

(*d*) *Nota.* — Pour ne pas compliquer l'épure on n'y a pas indiqué l'ombre portée par les spires de la volute sur les parties en creux qui séparent ces spires. Pour tracer cette ombre, on supposera, dans une première approximation, que le fond de ces parties en creux est plan, ce qui conduira à chercher l'ombre d'une figure de front sur un plan de front. Cette ombre reproduira exactement la figure elle-même. On pourra donc décalquer la volute, et en la transportant à 45°, à droite et en dessous, de la longueur voulue, la reproduire rapidement sur le fond. Après quoi, au sentiment, car ici la géométrie ne peut plus servir, on fera s'éloigner ou se rapprocher les points de cette ombre préalable, suivant que le fond réel sera plus loin ou plus près que le fond plan considéré en premier lieu et provisoirement.

54. **Chapiteau corinthien** (fig. 87).

L'ombre du chapiteau corinthien ne peut pas être trouvée d'une manière réellement simple, à cause des feuilles qui ornent la corbeille ; mais il est possible, en ne considérant que l'épannelage des feuilles, de déterminer les grandes masses des ombres ; le détail se trace ensuite au sentiment.

(*a*) *Ombre de l'abaque sur lui-même.* — On pourrait, à la rigueur, traiter l'ombre de l'abaque comme celle d'un listel en creux, mais il est préférable de se servir du plan. On obtiendra des points de l'ombre portée comme il est indiqué pour le point 5 5′ portant ombre en $5_1 5'_1$.

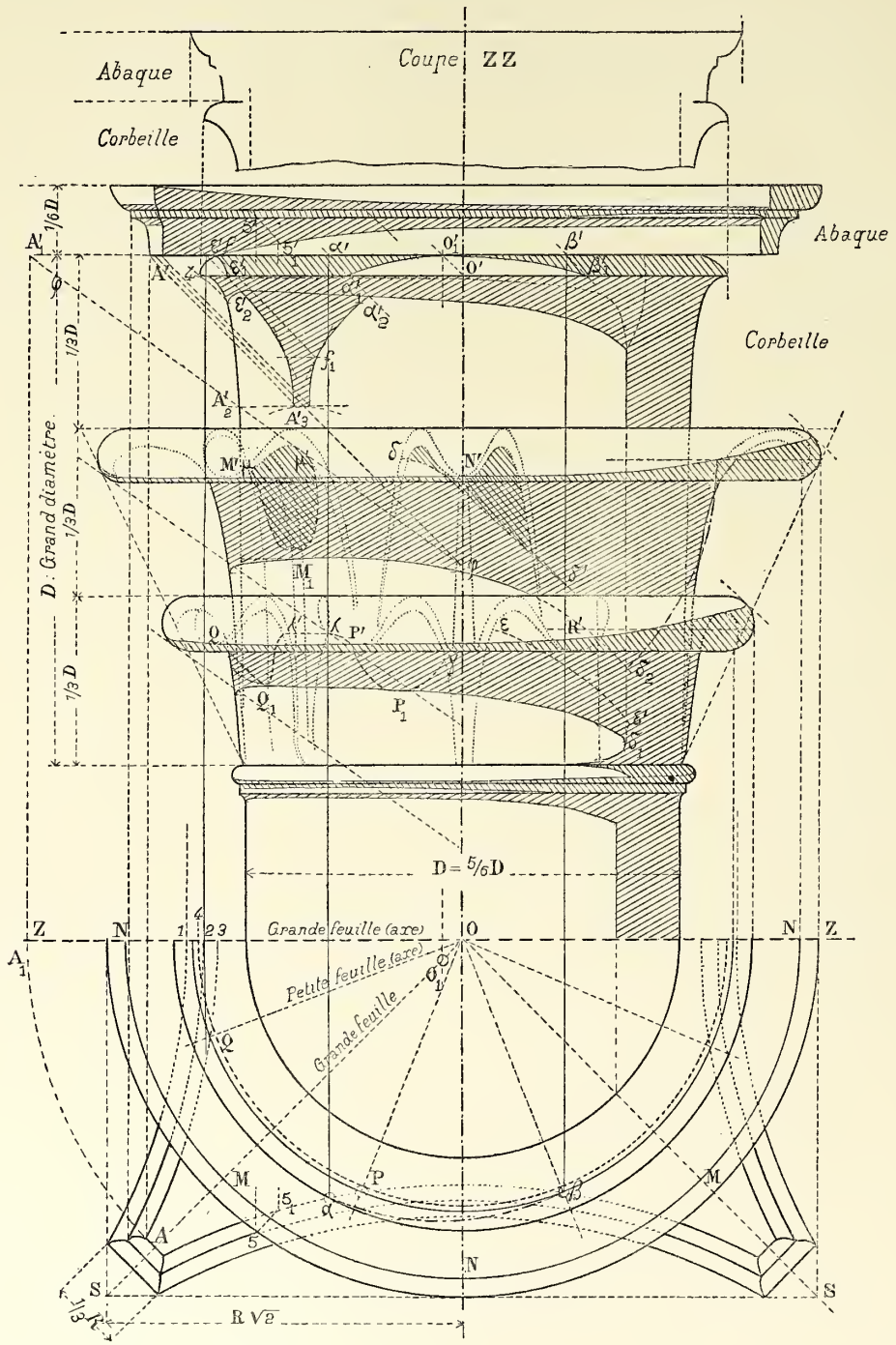
(*b*) *Ombre de l'abaque sur la corbeille.* — Le point AA_1, qui est dans le méridien de symétrie à 45°, donne une ombre portée A_3, obtenue par la méthode des plans sécants et par l'emploi de l'angle φ rabattu (voir $A'_1A'_2$ ramené en $A'A'_3$).

Pour avoir les points limites α'_1 et β'_1 sur le cercle 4 qui forme le rebord de la corbeille, on emploie la méthode des projections obliques appliquée en prenant comme plan d'ombres portées le plan horizontal de la courbe $\alpha'\beta'$. A cet effet, le cercle 4, qui constitue le rebord de la corbeille, est relevé par un rayon lumineux inverse à 45° sur le plan de la courbe $\alpha'\beta'$ de l'abaque ; l'opération se fait sur le plan. On relève à 45° O en O_1 ; on décrit de O_1 comme centre un cercle égal au cercle 4 et qui recoupe en α et β l'arc de cercle inférieur de l'abaque ; on rappelle α et β en α′ et β′ sur l'élévation et on en déduit par les rayons à 45°, les points cherchés α'_1 et β'_1.

(c) *Ombre de l'épannelage des feuilles.* — Cette ombre est tout à fait analogue à l'ombre de l'astragale (n° **31**), traitée dans les leçons précédentes ; on en obtient rapidement les points les plus hauts Q_1 ou M_1 et les points de perte δ_1 et δ_2.

Une fois ces masses d'ombres déterminées, ont peut, en

Fig. 87



dessinant les feuilles dans leur épannelage, être fixé sur des points tels que Q_1, M_1 ou P_1 appartenant réellement à l'ombre portée des feuilles ; le reste s'achève au sentiment ; mais pour réussir dans ce dessin de sentiment, il est indispensable d'avoir copié et ombré d'après nature un certain nombre de chapiteaux de ce genre, en les éclairant par une lumière dont la direction se rapprochera autant que possible de celle des rayons usuels à 45°.

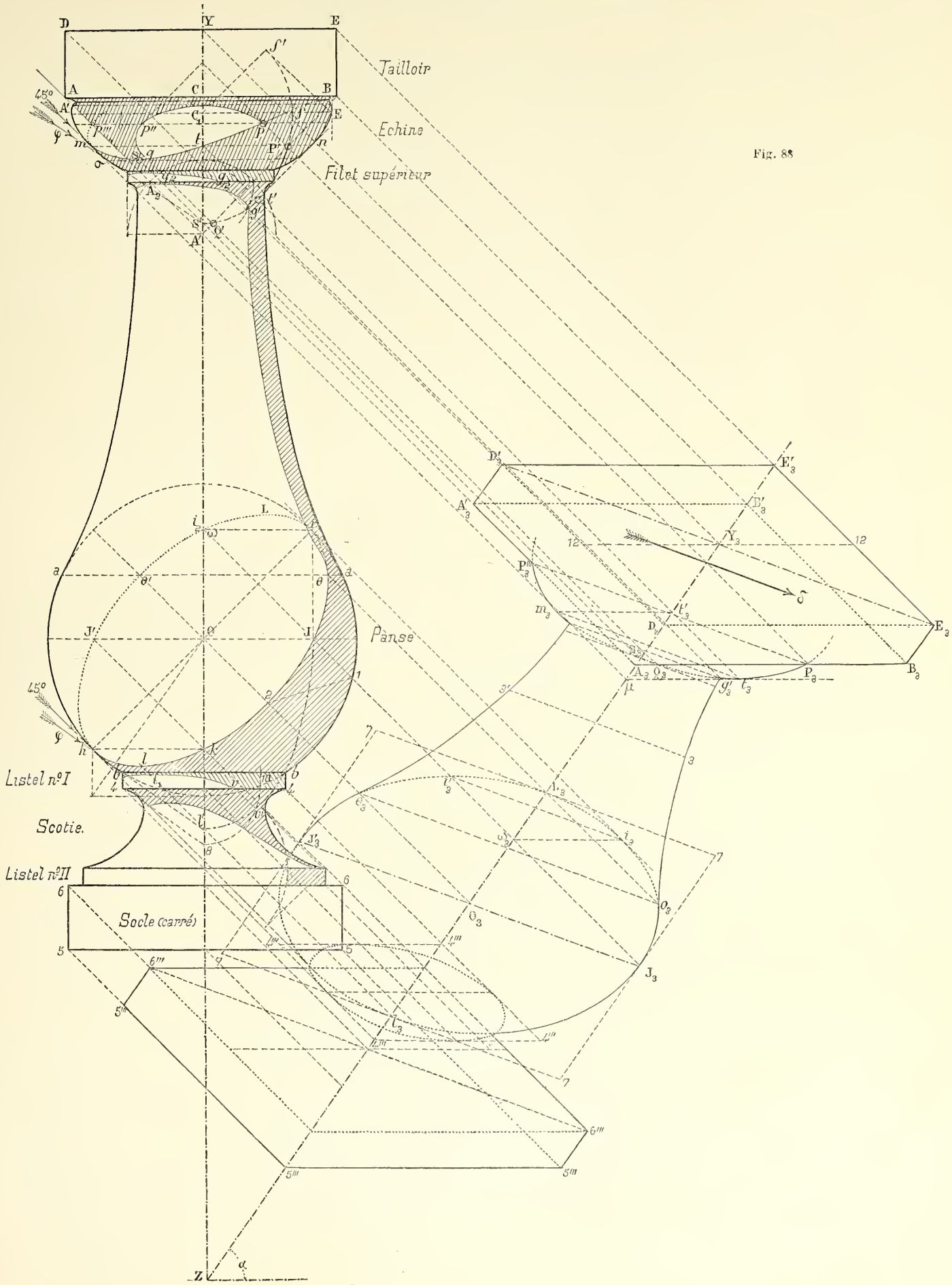

Tailloir
Echine
Filet supérieur
Panse
Listel n° I
Scotie.
Listel n° II
Socle (carré)
45°
45°

Fig. 88

§ II. — Applications a des details d'architecture

55. **Ombres d'un balustre**. (Epure donnée à l'Ecole des beaux-arts, sur feuille demi grand-aigle) (fig. 88).

(A) **Enoncé**. — Le croquis ci-joint donne, au tiers de grandeur, le profil approché du balustre. La panse *aa* — *bb* est exactement sphérique. Les autres profils seront tracés à la main de manière à éviter les jarrets dans les courbes d'ombre propre.

On demande : 1° de déterminer les ombres du balustre (ombres propres et autoportées) ; 2° de tracer les ombres portées sur un toit parallèle à la ligne de terre et incliné sur le plan horizontal d'un angle, α, qui sera compris entre 50° et 60°. Le point z est le point où l'axe du balustre, s'il était prolongé, percerait le toit.

(B) **Ombres du balustre**. — (*a*) *Echine*. — Chercher l'ombre propre de l'échine comme celle du tore n° 26 et du chapiteau dorique n° 48. La tangente à 45° donne en m le point sur le contour apparent. On le ramène en t sur l'axe. Sur l'équateur le point f s'obtient par les deux lignes à 45°, C_1f' et Ef'.

(*b*) *Ombre portée par le tailloir sur l'échine*. — On cherche : 1° en $fP'g'S'$ la courbe ovale de l'échine, c'est-à-dire son ombre portée sur le plan fuyant à 45° ; et 2° en BA' (à 45°) l'ombre auxiliaire, sur le même plan fuyant, de l'arête AB du tailloir. Les points P' et Q' où se coupent ces deux lignes, donnent en p et q, en les remontant à 45° sur la séparatrice de l'échine, les deux points de perte.

Pour tout le reste de l'ombre de l'échine se reporter à l'ombre du chapiteau dorique n° 48.

(*c*) *Ombre de la panse*. — C'est l'ombre propre de la sphère ; on cherche en $l'J$, la courbe ovale de la sphère, et en 8, v', *10* l'ombre de la base, 44, du listel n° I sur le plan fuyant à 45°. De la rencontre v', de ces deux courbes on déduit, en remontant à 45°, le point limite v de l'ombre portée par la sphère sur le listel n° I.

(*d*) *Scotie*. (Voir plus haut, n° 52.)

(C) **Ombres portées sur le toit**.

(*a*) *L'axe*. — En menant par le point z, pied de l'axe sur le toit, une ligne inclinée à l'angle α du toit nous avons en zE'_3 l'ombre portée par l'axe.

(*b*) *Le tailloir*. — On se rappelle (voir n° 18, ombre d'une cheminée sur un toit) que tous les sommets des carrés situés dans le plan de symétrie à 45°, portent ombre en E'_3, B'_3, A_3.... $5''$. .. sur l'ombre portée de l'axe, ce qui permet d'obtenir immédiatement, par des lignes à 45°, les parallélogrammes tels que $D_3E_3E'_3D'_3$ d'ombre portée par ces carrés. Menons la diagonale $E_3D'_3$ d'un de ces parallélogrammes ; soit δ la direction de cette ligne ; cela nous donnera l'ombre portée par la diagonale du carré située dans le plan fuyant à 45° ; il nous suffira d'obtenir les points de l'ombre portée tels que $P_3t_3g'_3$.... θ_3.... etc., situés d'un côté de zE'_3, pour obtenir, à égale distance, de l'autre côté et sur des lignes parallèles à cette direction δ, d'autres points.

En résumé, sur l'ombre portée, la ligne zE'_3 (ombre portée de l'axe) est le *diamètre* de toutes les cordes parallèles à la direction δ. Elle constitue, et cela est important à retenir, une sorte d'axe de symétrie oblique par rapport à la direction δ, très facilement obtenue par la diagonale du parallélogramme d'ombre portée par un carré sur le toit.

(*c*) *L'échine*. — Le point le plus bas, S, de la séparatrice porte ombre en S'_3 sur l'ombre de l'axe (tangente parallèle à δ). Les points de perte P et Q portent ombre en P_3 et Q_3 sur l'ombre A_3B_3 du tailloir. Le point m, sur le contour apparent, donne ombre en m_3 (tangente à 45°) et t en t_3 (tangente horizontale). Cela donne sept points de l'ombre de l'échine ; c'est suffisant pour la tracer.

On y fait ressauter le point de perte g' en g'_3, ce qui donne un point de l'ombre portée par le corps du balustre.

(*d*) *La sphère*. — Cherchons les ombres portées par deux diamètres JJ' (points sur l'équateur) et lL (points le plus bas et le plus haut) de la séparatrice, et nous aurons en $J_3J'_3$ et l_3L_3 deux diamètres conjugués de l'ellipse d'ombre portée, desquels nous déduirons un parallélogramme circonscrit 7, 7, 7, 7. A cet effet : 1° les points l et L, étant dans le plan de symétrie à 45°, portent ombre sur l'ombre zE'_3 de l'axe ; 2° les points J et j' étant à 45° sur l'équateur portent ombre en J_3 et j'_3, sur la parallèle à la direction δ menée par l'ombre O_3 du centre de la sphère.

Le reste de l'épure se comprend ensuite facilement.

56. **Ombres d'une cuve de fonts baptismaux** (fig. 88bis). (Concours de l'Ecole des Beaux-Arts.) — (*a*) *Description*. Un prisme orthogonal régulier, creusé en forme de demi-sphère, constitue la *cuve* proprement dite. Ce prisme est supporté par une *échine* accompagnée de trois *annelets* et les profils de tous ces éléments sont étagés sur une demi-sphère concentrique à celle de la cuve.

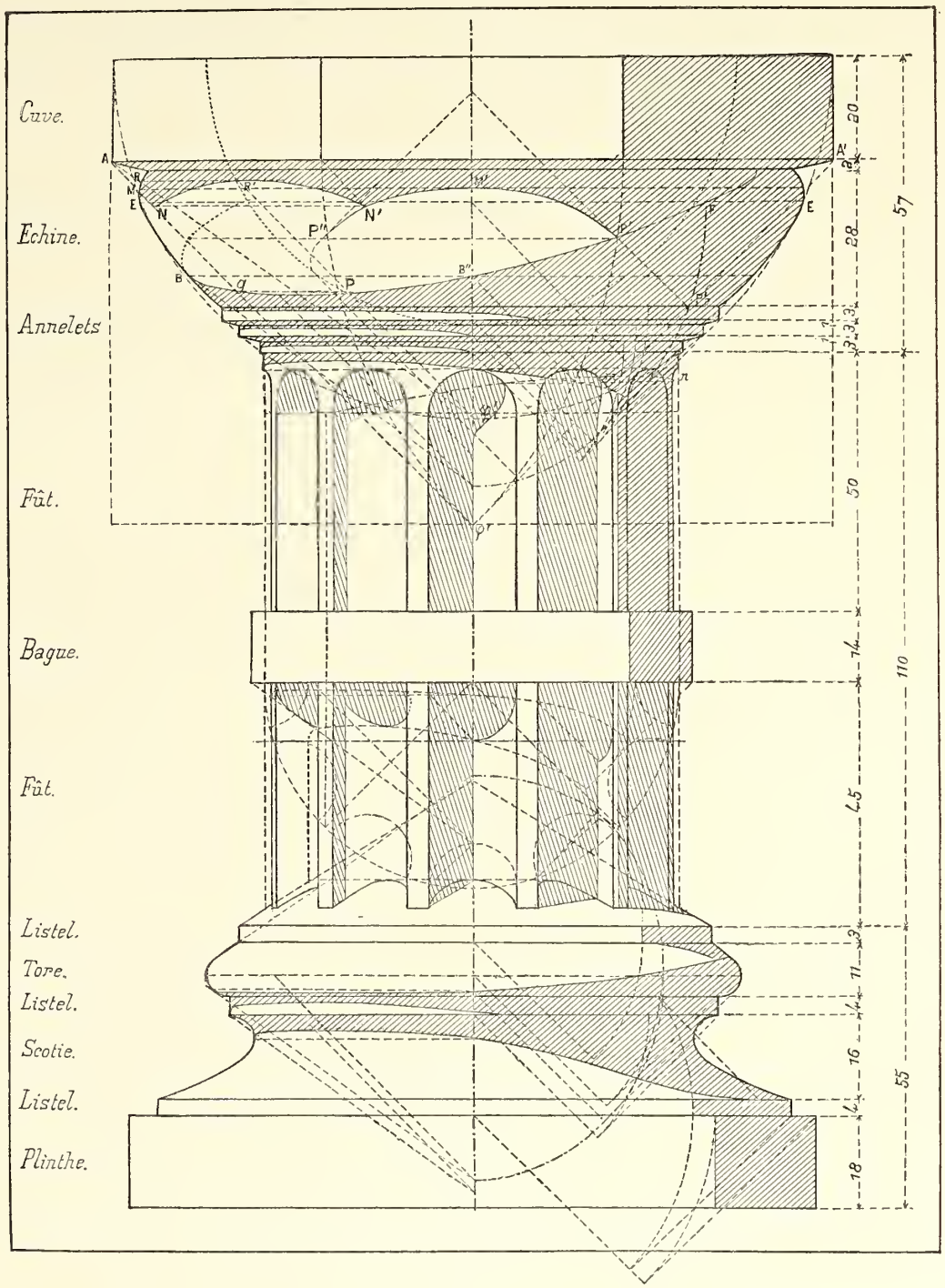
Le tout repose sur un *fût* orné de 12 *cannelures* demi-cylindriques, terminées à leur partie supérieure par des demi-sphères creuses, en forme de niches. Une *bague* cylindrique saillante coupe le fût en son milieu. Les cannelures viennent, à leur partie inférieure, s'amortir sur un cône saillant.

Une *base* composée d'une tore, d'une *scotie* et d'une *plinthe* (cette dernière carrée), complète l'ensemble.

(*b*) *Ombres*. — 1° Cuve, échine, annelets, comme pour le chapiteau dorique. Néanmoins l'ombre portée par la cuve

sur l'échine n'est pas tout à fait semblable à celle du tailloir. Elle est identique à cette dernière entre N′ et le point de perte ; mais de N en N′ c'est le pan coupé qui la donne. N′ est déjà obtenu et le point le plus haut R′ est fourni par le rayon φ.

Fig. 88 bis



2° Cannelures et base, comme pour la base attique (v. plus haut). (1).

(1). *Erratum.* — Sur la figure 88bis des hachures d'ombres ont été oubliées, sur les parois de séparation des cannelures comprises dans l'intérieur de l'ombre portée par la bague du milieu.

§ III. — Exercices a chercher

57. **Un amortissement** (fig. 89).

Épure donnée à l'École des Beaux-Arts.

(*a*) *Enoncé.* — Le dessin ci-joint donne, à moitié de l'épure à faire, le croquis du motif d'architecture dont il faut exécuter la mise en place et rechercher les ombres.

Le tailloir circulaire T′ est soutenu par douze modillons dont la figure Q′ donne le profil en élévation et dont la figure Q donne la largeur en plan.

Le motif est supposé sortir d'un toit parallèle à la ligne de terre et dont la pente est donnée en α. La ligne inférieure X′Y′ du socle est aussi une horizontale du toit.

On demande : 1° De mettre en projection les modillons et tout le motif ;

2° De chercher les ombres aussi bien sur le motif que sur le toit placé en arrière.

Le rayon lumineux est à 45 degrés, selon l'usage.

(*b*) *Epure.* — Nous guiderons très peu le lecteur pour l'exécution de cette épure. C'est une application de l'ombre du listel combinée avec le ressaut des ombres.

Ainsi, par exemple : 1° on cherchera l'ombre de cercle CC′ sur la face antérieure des modillons considérée comme un cylindre complet, sans interruption entre les modillons (ombre du listel) ;

2° On cherchera l'ombre de ce même cercle CC′ sur le fût (ombre du listel);

3° On déterminera l'ombre du cercle D (supposé non interrompu) d'une part sur le fût (ombre du listel) et d'autre part sur le cavet dont la courbe DE est le profil ; toujours en supposant ce cavet non interrompu entre les modillons (ombre du listel avec congé, n° 30) ;

4° On cherchera l'ombre propre (virtuelle) de ce même cavet annulaire et les points, tels que *m*, où elle rencontre les arêtes de gauche des modillons, sont les points d'origine des ombres telles que *mn′*, tout à fait analogues à l'ombre du pont (n° 33).

Une fois toutes ces ombres d'ensemble déterminées, les interruptions, telles que 2, 3, 4... de ces lignes, leurs ressauts et leurs points de brisures, tels que 3′..., s'en déduiront facilement.

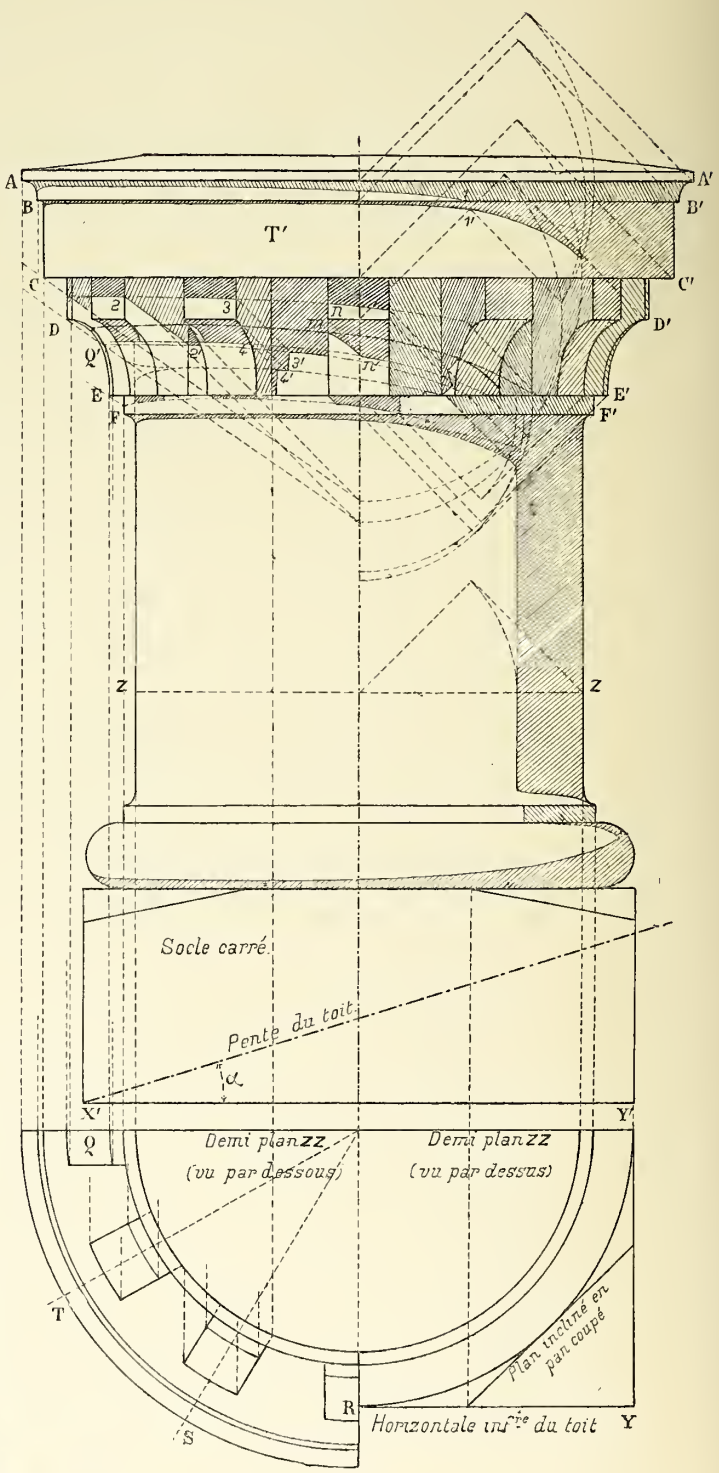
(*c*) *Nota.* — Le croquis ci-joint donne une idée assez juste des ombres ; mais il est à une trop petite échelle pour que tous les détails aient pu y être figurés avec précision.

58. **Sphères. — Pyramides.** (Epures données à l'Ecole des Ponts et Chaussées, cours préparatoires.)

On demande de déterminer les ombres propres et les ombres portées des quatre figures géométriques indiquées ci-après. Le rayon lumineux est le rayon à 45°.

(*a*) *Sphère pénétrée par trois cylindres* (fig. 90).

Fig. 89



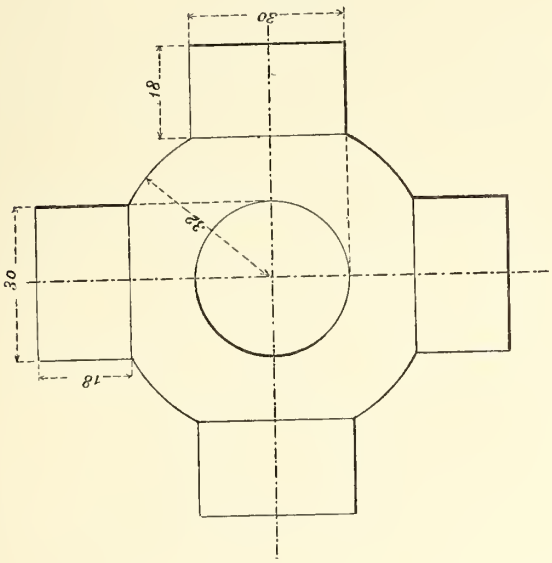
Une sphère porte six tenons cylindriques égaux et à angle droit les uns sur les autres. L'un de ces tenons, celui qui est

entièrement caché en élévation, s'appuie par sa base sur le plan vertical.

Déterminer : 1° les ombres propres de la sphère et des cylindres ; 2° les ombres portées sur le plan vertical par ce solide composé ; 3° les ombres portées par les tenons sur la sphère ou par la sphère sur les tenons.

(*b*) *Quart de sphère creuse, en coupe* (fig. 91).

Fig. 90



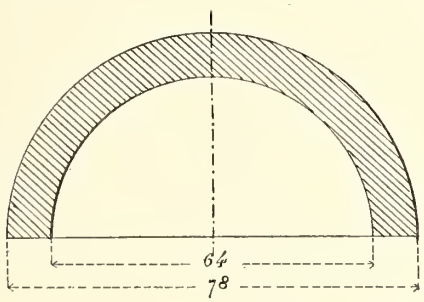
Cette portion de sphère creuse est supposée tangente au plan vertical. On demande de déterminer :

1° Les ombres portées dans l'intérieur de la sphère ;

2° Les ombres portées sur le plan vertical.

(*c*) *Double pyramide creuse, en coupe* (fig. 92).

Fig. 91



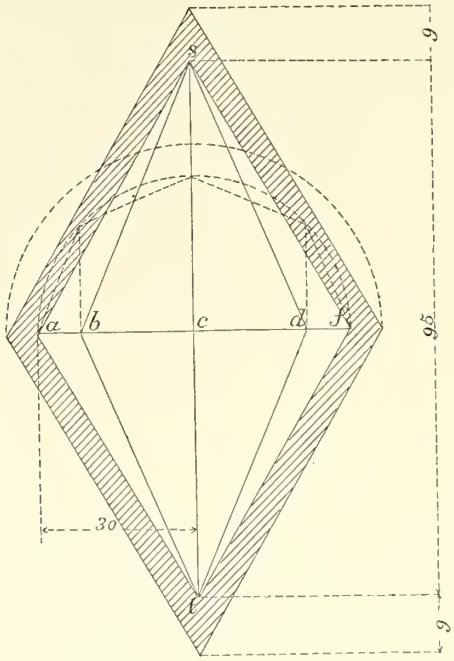
Cette double pyramide, dont les deux sommets intérieurs sont S et *t*, est représentée en coupe. La base commune est le demi-octogone régulier rabattu au-dessus. La ligne des sommets, *st*, est située à 40 millimètres en avant du plan vertical. On demande :

1° De déterminer l'ombre portée sur le plan vertical ;

2° De tracer l'ombre portée dans l'intérieur de la double pyramide.

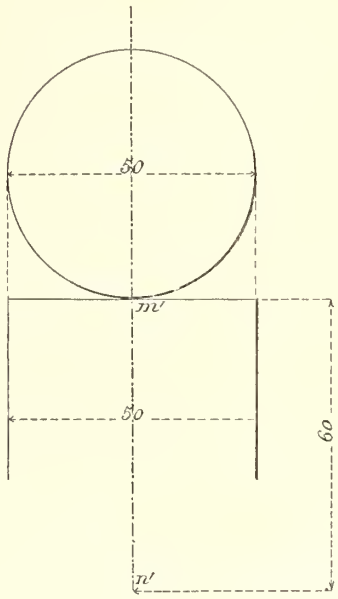
(*d*) *Sphère et cylindre portant ombre sur un toit incliné à* 30° *et parallèle à la ligne de terre* (fig. 93).

Fig. 92



Un cylindre de révolution a pour axe la droite $n'm'$. Le point n' est le point où cet axe perce le toit.

Fig. 93



Une sphère, de même rayon que le cylindre, est posée sur la base supérieure de ce dernier. On demande :

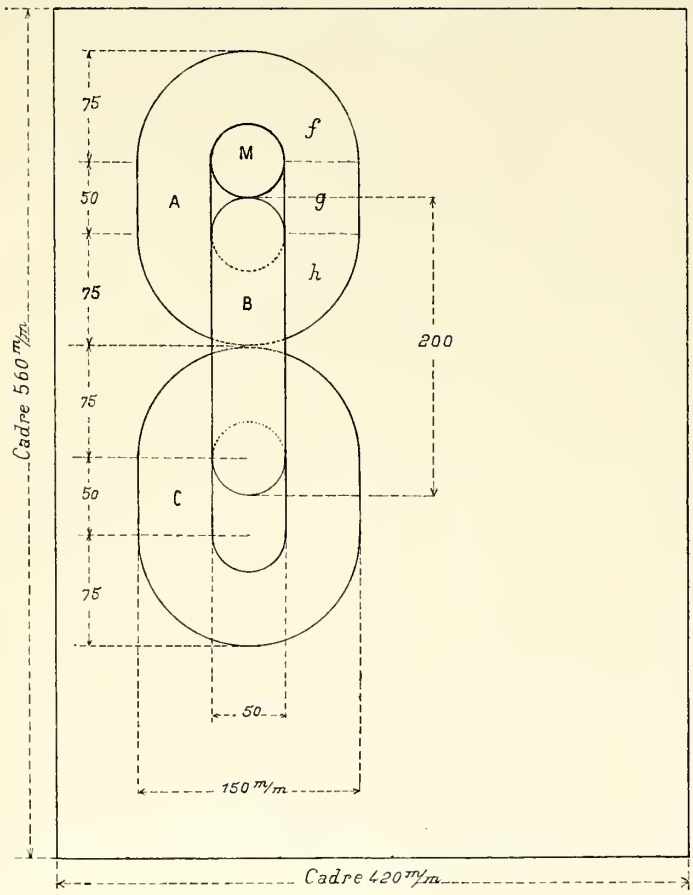
1° De tracer le contour apparent du cylindre et de déterminer sa trace sur le toit ;

2° De dessiner les ombres propres de la sphère et du cylindre, ainsi que les ombres portées sur le toit.

59. Anneaux entrelacés. — Epure donnée à l'Ecole des Beaux-Arts (fig. 94).

(*a*) *Données.* — Deux anneaux constituant les maillons d'une chaîne, seront dessinés en A et C, dans la position de front ; ils sont réunis par un anneau B, placé de champ, ayant la même forme et les mêmes dimensions qu'eux.

Fig. 94



On remarquera : 1° Que chacun de ces maillons est formé de deux demi-tores circulaires, *f* et *h*, réunis par des portions de cylindres telles que *g*.

2° Toutes ces surfaces sont (ce qui ne se présente pas dans la pratique) en contact parfait les unes avec les autres.

3° Le maillon supérieur A est supporté par un cylindre M, perpendiculaire au mur, et d'une longueur arbitraire.

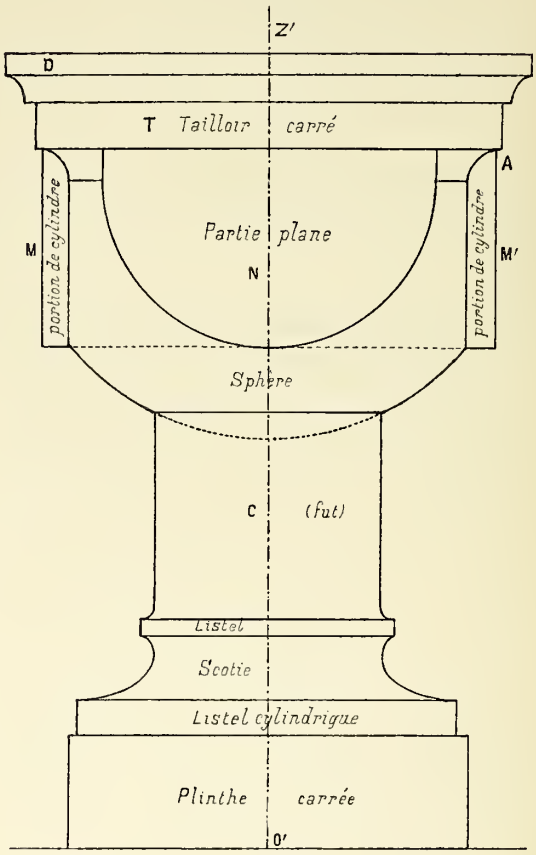
On suppose, enfin, que le maillon de champ B est tangent à un plan de front situé à 50 millimètres en avant du mur.

(*b*) *Epure à faire.* — On demande : 1° De déterminer les ombres propres (à 45°) des trois solides (ces ombres seront dessinées en bleu) ;

2° De tracer les ombres portées sur le mur (les ombres en noir, et les constructions auxiliaires en rouge);

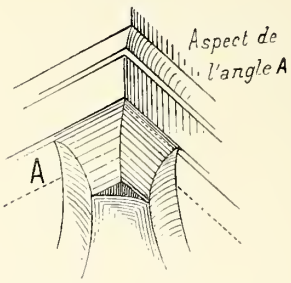
3° De déduire de ces ombres portées sur le mur les

Fig. 95



ombres portées par les solides les uns sur les autres (en bleu).

Fig. 95 bis



60. Une colonnette surmontée d'un chapiteau de forme byzantine.

Epure donnée à l'École des Beaux-Arts.

Le dessin ci-joint (fig. 95) donne, au tiers de l'épure à faire, le croquis du motif d'architecture dont il faut rechercher les ombres.

Le fût cylindrique C est couronné par une portion de

sphère, laquelle est pénétrée par quatre demi-cylindres, M, N et M'.

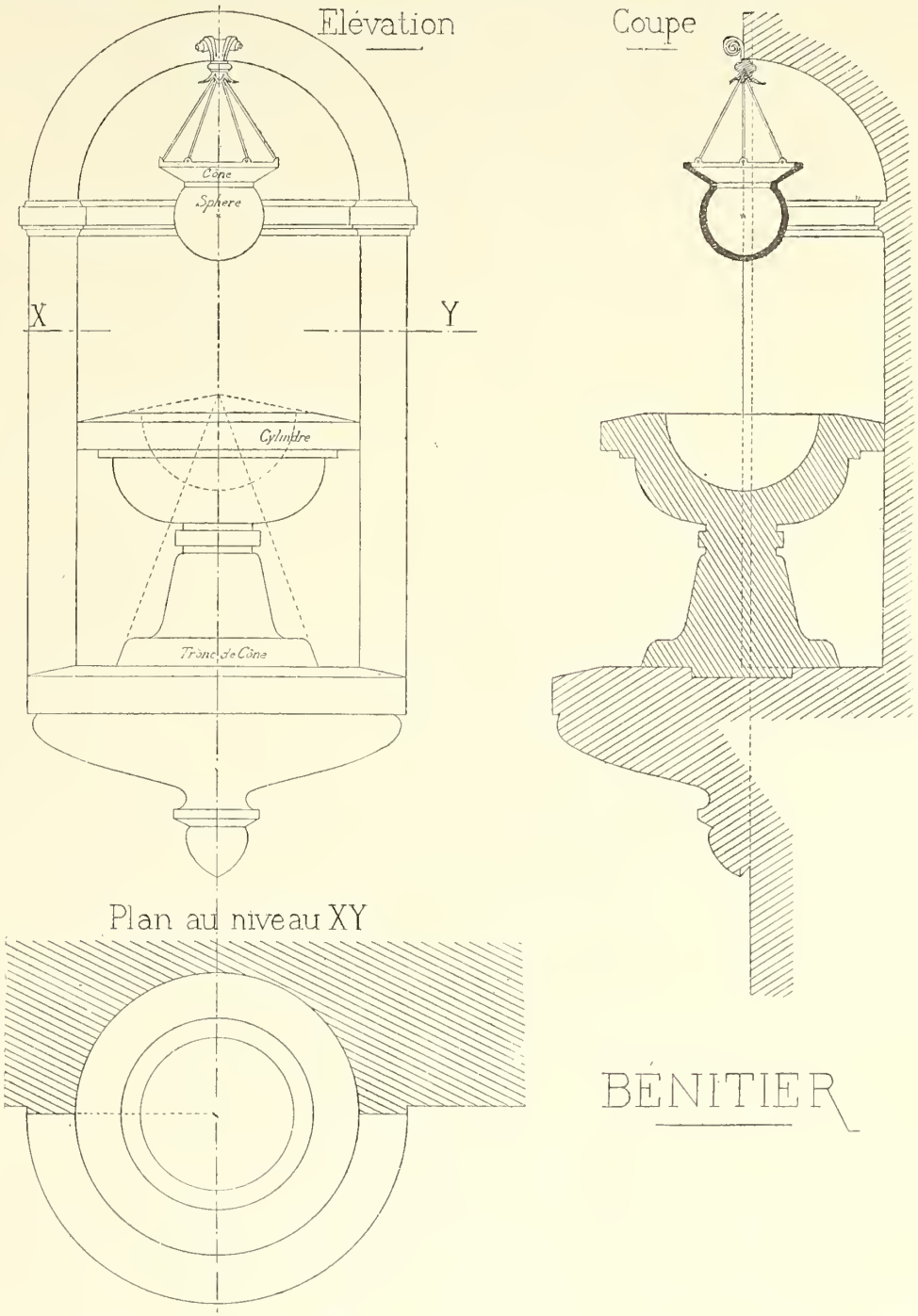
Un tailloir (ou abaque) T carré, accompagné d'un cavet D, couronne le tout.

Afin d'éviter toute indétermination dans l'appréciation de telle sorte que l'axe O'Z' du motif, prolongé, couperait ce toit au-dessous du point O' et à une distance égale au tiers de la hauteur O'Z'.

61. **Une niche sphérique avec bénitier et lampe sphéro-conique.** — Epure donnée à l'Ecole des Beaux-Arts.

des formes, nous avons donné (fig. 95 bis) le détail perspectif de l'angle A.

On demande : 1° de déterminer les ombres propres du solide ; 2° les ombres portées sur un toit, parallèle à la ligne de terre, incliné à 35° sur le plan horizontal et placé



Feuille demi-grand aigle. Tripler les dimensions du croquis.

1° Déterminer toutes les ombres propres ou portées des solides figurés sur le croquis ci-joint, en plan, en élévation et en coupe.

2° Décalquer les résultats sur une feuille de papier à laver et exécuter le rendu.

62. Coupole sphérique, en coupe, avec corniche ornée de consoles et lunettes coniques.

Le croquis ci-joint, fait connaître la moitié de gauche de la coupe. L'autre moitié est à compléter sur l'épure.

On triplera les dimensions du croquis.

Description. — La coupole est percée, à sa partie supérieure, par une ouverture constituée par un tore, creux, accompagné de deux cylindres de faible hauteur.

Elle est éclairée, en outre, par des cônes de révolution dont le sommet est en OO′, au centre de la sphère, et dont l'axe, *s'il était de front*, serait la droite inclinée O′Z′. En réalité les axes de ces cônes occupent en plan les positions OZ, OZ′, à 45°. Il faudra chercher les courbes suivant lesquelles ces cônes coupent l'intrados de la voûte et son extrados, lequel est supposé sphérique et concentrique à l'intrados.

Au-dessous de la coupole se trouve un cylindre (tour ronde) couronné par un larmier B′.

Ce larmier est soutenu par des consoles dont les axes sont, en plan, les lignes *m*, *m*, *m*. On remarquera qu'aucun de ces axes n'est de front, ni de profil. Par conséquent le profil de la console donné en D′, comme si l'axe était de front, n'est pas à conserver, si ce n'est comme ligne de construction, en pointillé.

On voit en C′ un talon qui sera interrompu par les faces des consoles. Ces faces sont constituées par des plans verticaux, *f*, *f* (voir en plan).

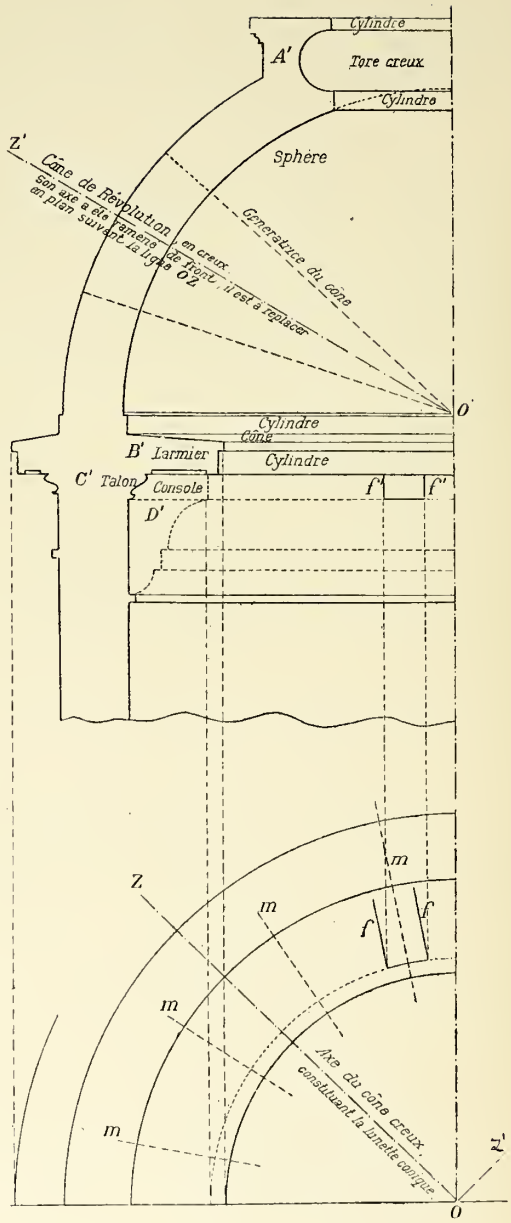
On demande : 1° De représenter cet ensemble avec tous ses détails, savoir :

(*a*) L'entrée et la sortie des lunettes coniques.

(*b*) Les consoles et les intersections de leurs faces planes avec le talon.

2° De chercher les ombres à 45°.

Exécution : *En noir les résultats. En rouge fin les lignes de rappel et les lignes de construction. En bleu les lignes d'ombres.*



§ IV. — Applications au dessin de machines

On trouvera ces applications dans la deuxième partie « *Le Rendu* », ainsi que beaucoup d'autres relatives à l'architecture : voûtes, balustres, vases, etc...

FIN DES OMBRES USUELLES

DEUXIÈME PARTIE

LE RENDU

DANS LE DESSIN D'ARCHITECTURE ET DANS LE DESSIN DE MACHINES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

§ 1. — Définitions et expériences

61. **Objet de cette étude.**— La théorie des ombres avait pour but, connaissant la position d'une ou de plusieurs sources de lumière directe, de déterminer sur la surface des corps les portions de ces surfaces qui sont éclairées et celles qui sont dans l'ombre.

La théorie du rendu a pour objet d'étudier les différences d'éclat ou de couleur que présentent ces surfaces en ayant égard :

1° A la manière dont leurs différents éléments reçoivent la lumière directe ou les reflets;

2° Aux positions que ces éléments occupent, par rapport au spectateur.

Elle donne la marche à suivre pour rendre ces différences sur les dessins à l'aide des couleurs, couleurs parmi lesquelles nous rangerons l'encre de Chine ou tout autre ton servant à produire les effets de l'ombre.

La théorie du rendu sera basée sur l'étude de trois principes :

1° Le principe des orientations;

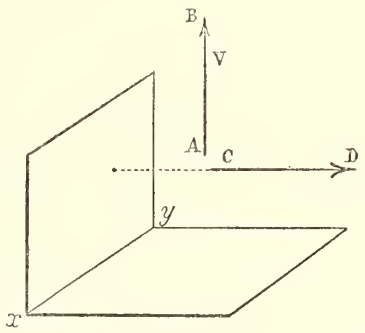
2° Le principe des couleurs;

3° Le principe des distances.

62. **Rayons lumineux directs et rayons visuels.** — Nous admettrons comme toujours que, dans le dessin industriel, les *rayons lumineux directs* sont parallèles entre eux et dirigés à 45°, c'est-à-dire parallèles à la diagonale du cube. Les *rayons visuels* aboutissent à l'œil de l'observateur.

S'il s'agit de regarder une projection horizontale (fig. 96), on suppose l'observateur placé à l'infini, du côté de B, c'est-

Fig. 96



à-dire au-dessus du plan horizontal et les rayons visuels sont tous parallèles à la verticale AB.

S'il s'agit, au contraire, d'une élévation, les rayons visuels ont la direction CD, perpendiculaire au plan vertical.

63. **Corps dépolis, corps polis et corps mi-polis.** — La lumière, en frappant la surface d'un corps, peut être ren-

voyée de deux manières différentes suivant que ce corps est *dépoli* ou *poli*. Dans le premier cas, la lumière est *diffusée*, ce qui veut dire qu'elle est renvoyée dans tous les sens; dans le second cas elle est *réfléchie spéculairement*, comme dans un miroir, c'est-à-dire qu'elle est renvoyée dans une direction bien déterminée.

Nous considérerons, en outre, les corps *mi-polis* qui participeront, comme propriétés, des corps polis et des corps dépolis. — Sur ces corps, les lumières intenses se réfléchissent plus qu'elles ne s'y diffusent, les lumières faibles font le contraire.

64. **Expériences sur l'éclairement et sur l'éclat apparent des corps dépolis.** — Prenons un plan parfaitement dépoli, une plaque recouverte de plâtre, par exemple, ou de papier blanc non glacé ou bien encore un bâton de craie dont on a dressé la surface bien plane, en la frottant sur un autre bâton, et soumettons ce plan à la lumière solaire. Ce plan s'éclairera uniformément et paraîtra d'une teinte blanche parfaitement unie et, sur lui, l'expérience suivante sera facile à réaliser (fig. 97).

Fig. 97

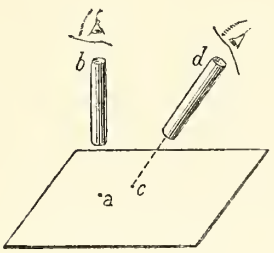
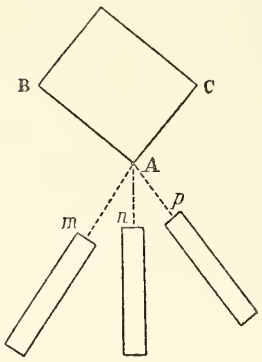


Fig. 98



(*a*) *1re expérience.* — Prenons un tube, noirci intérieurement au noir de fumée pour éviter les réflexions intérieures, et à l'aide de ce tube regardons le plan dans toutes les directions *ba*, *dc*, etc.

L'extrémité ouverte paraîtra former un rond blanc d'un certain éclat, et il sera impossible de saisir les variations d'éclat quand on changera l'inclinaison du tube, excepté cependant lorsque l'on se placera très près de l'incidence rasante, auquel cas il se produira un assombrissement dû aux aspérités de la surface qui se recouvrent les unes les autres et qui présentent, chacune, leur partie dans l'ombre.

(*b*) *2e expérience.* — Ces effets sont les mêmes que ceux qui se produiraient avec une plaque de métal rougie au feu et devenue *source de lumière*. Quelle que soit la manière dont on orienterait cette plaque devant les yeux, son éclat apparent ne varierait pas.

(*c*) *3e expérience.* — Nous pouvons faire l'expérience d'une manière encore plus concluante.

Prenons un prisme de plâtre ou un bâton de craie, dont l'une des arêtes A sera bien vive (fig. 98), et éclairons-le de telle sorte que deux de ses faces, AB et AC, paraissent également lumineuses.

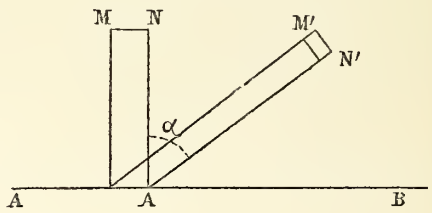
Avec le tube précédent, regardons l'arête A et nous constaterons que quelle que soit la direction du tube Am — An — Ap, les deux faces paraîtront toujours aussi lumineuses l'une que l'autre. C'est à peine si l'arête A pourra se distinguer; il semblera que les faces BA et AC soient dans le prolongement l'une de l'autre.

Dans un amphithéâtre l'expérience se fait très facilement. On oriente le prisme devant une fenêtre, de telle sorte que, pour un spectateur déterminé, les deux faces paraissent se confondre comme éclat apparent, et l'on constate que pour tous les autres spectateurs il en est de même.

65. **Conséquences relatives à la lumière émise par une surface dépolie.** — Des expériences précédentes, on peut dégager les conséquences suivantes :

(*a*) *Loi de l'émission de lumière.* — Un élément plan d'une surface *dépolie* se conduit, une fois éclairé par une source de lumière, comme le ferait un corps lumineux par lui-même, par exemple comme une plaque de tôle rougie au feu. Pour l'un et l'autre cas nous concluons de ces expériences le théorème suivant :

Fig 99



(*b*) *Théorème de l'émission.* — L'intensité des rayons *émis* par une surface dépolie (ou par une surface source de lumière) est proportionnelle au cosinus de l'angle fait par les rayons émis avec la normale à la surface. Nous nommerons cet angle *l'angle d'émission*. En effet (fig. 99) :

Soit Q la quantité de rayons émis normalement par un élément de surface égal à A; Q' la quantité émise par le même élément sous l'incidence α.

Les premiers rayons forment un cylindre dont la section droite est $MN = A$.

Les seconds en forment un autre de section droite

$$M'N' = MN \cos \alpha, \qquad \text{d'où} \qquad M'N' = A \cos \alpha.$$

Or, puisque, vu sous ces deux directions, l'élément paraît également éclatant, c'est que les quantités de rayons reçus

sur l'unité de surface, en section droite, sont égales dans les deux cas.

Ces quantités sont :

$\frac{Q}{A}$ pour la direction normale et $\frac{Q'}{A \cos \alpha}$ dans la deuxième direction.

On a donc : $\frac{Q}{A} = \frac{Q'}{A \cos \alpha}$ d'où : $Q' = Q \cos \alpha$.

C. Q. F. D.

(*c*) *1er Corollaire.* — L'éclat apparent d'une *surface dépolie* ne dépend pas de la position du spectateur, mais uniquement de l'intensité de la source lumineuse et de l'angle sous lequel la lumière directe frappe cette surface. La deuxième expérience, celle du prisme, le prouve bien clairement.

(*d*) *2e Corollaire.* — Sur une surface dépolie, éclairée par une ou plusieurs sources de rayons lumineux, les lignes d'égal éclat apparent sont les lignes d'égal éclairement.

66. Eclairement total. — Eclairement unitaire d'une surface plane.

(*a*) *L'éclairement total* d'une surface plane égale à A est la quantité totale Q de lumière *reçue* par cette surface.

(*b*) *L'éclairement unitaire* serait la quantité de lumière Q : A reçue par l'unité de surface (par le millimètre carré, par exemple).

L'éclairement unitaire est important à considérer. Une surface dépolie nous semblera également éclatante si son éclairement unitaire est le même partout, c'est-à-dire si chaque millimètre carré est également éclairé. Cet éclairement unitaire est déterminé par le théorème suivant :

(*c*) *Théorème de l'éclairement.* — L'éclairement unitaire d'un élément de surface est proportionnel au cosinus de l'angle d'incidence des rayons lumineux. (Figure inutile.)

En effet, soit ABCD un prisme à section droite carrée, servant d'enveloppe à toute une série de rayons lumineux en quantité Q. Un premier plan P, normal aux rayons lumineux, recevra une quantité de lumière représentée par Q.

Soit A la section droite du prisme, l'éclairement unitaire de ce plan P sera : $E = \frac{Q}{A}$. Un plan P′, incliné sur le plan précédent d'un angle α, sera coupé par le prisme suivant une section de surface égale à $\frac{A}{\cos \alpha}$. La quantité de lumière reçue sera toujours la même Q et l'éclairement unitaire $E' = \frac{Q \cos \alpha}{A}$. On a donc : $E' = E \cos \alpha$.

C. Q. F. D.

(*d*) *Corollaire.* — Par conséquent, sur une surface dépolie, les lignes d'égal éclairement, et par suite d'égal éclat apparent, sont les lignes d'égale incidence, c'est-à-dire les lignes telles qu'en leurs différents points les rayons lumineux font un même angle avec la normale à la surface ; plus cet angle est petit, c'est-à-dire plus le rayon lumineux se rapproche de la normale, ou, ce qui revient au même, s'éloigne du plan tangent, plus l'éclairement est grand et plus grand aussi est l'éclat apparent.

67. Rayons indirects dits : de reflets. — Si la lumière solaire était unique et que l'on fût dans le vide absolu, c'est-à-dire en dehors de l'atmosphère et de tout objet environnant, il n'y aurait aucun reflet et tous les points d'une surface, situés dans l'ombre, seraient *absolument noirs*.

Or, dans les conditions ordinaires, il n'en est pas ainsi ; une ombre n'est jamais noire. Il y a donc des sources indirectes de lumière qui produisent ce que l'on nomme *des reflets*.

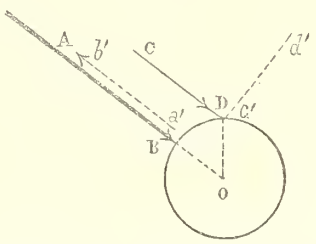
Ces reflets peuvent provenir des causes les plus variées. Il serait impossible de tenir compte théoriquement de toutes ces causes. Les artistes seuls peuvent rendre, à la condition de les étudier d'après nature, les effets de lumière, de coloration, d'ombre ou de demi-teintes dus aux causes très multiples des reflets qui se présentent dans la nature.

Dans cette étude théorique nous ne tiendrons compte que des reflets dus à l'atmosphère, ou *reflets atmosphériques*, et de ceux qui sont dus au sol, ou *reflets terrestres* ; et encore ferons-nous des hypothèses et des conventions dont il faudrait bien se garder de tirer des conséquences trop absolues.

Disons de suite qu'il faut beaucoup étudier d'après nature et observer sans cesse les reflets que la lumière produit à la surface des corps sous peine d'exagérer et d'interpréter maladroitement ce que nous allons dire par la suite.

(*a*) *Reflets atmosphériques.* — On assimile chaque molécule d'air, ou de poussière, contenue dans l'air, à une très petite sphère brillante qui réfléchirait la lumière dans tous les sens. Dès lors un objet, même dans l'ombre, recevra de la lumière indirecte émanant de toutes ces petites sphères en nombre presque infini.

Fig. 100



Il est facile de voir, en prenant une de ces petites sphères (fig. 100), que les rayons solaires qui la frapperaient normalement, dans la direction AB, seraient réfléchis suivant *a′b′* en revenant sur eux-mêmes, tandis que d'autres tels que CD, qui ne la frapperaient pas normalement, seraient réflé-

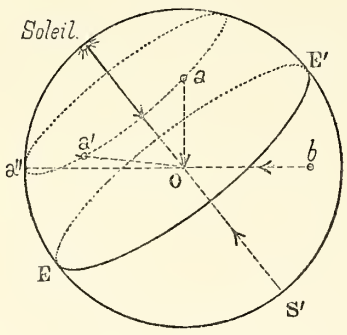
chis suivant $c'd'$. L'ensemble des rayons qui frapperaient la sphère sous la même incidence que CD formeront un cône d'autant plus ouvert et, par conséquent, d'autant moins garni de rayons et d'autant moins éclairant que le rayon CD sera plus près d'être tangent à la sphère.

Il résulte de là que les rayons obliques CD seront plus ou moins dispersés par le fait de la réflexion sur les molécules d'air et donneront, par suite de cet éparpillement, après la réflexion, un éclairage moins intense que les rayons normaux ou presque normaux qui ne sont pas, ou presque pas, dispersés.

Par conséquent, l'atmosphère donne des reflets dans toutes les directions ; mais c'est dans la direction $a'b'$, *directement opposée aux rayons solaires*, que les reflets atmosphériques sont le plus éclairants, tandis qu'ils le sont le moins, dans une direction perpendiculaire telle que $c'd'$; néanmoins il ne saurait y avoir beaucoup de différence entre les intensités des reflets qui viennent suivant ces différentes directions.

(*b*) *Le ciel, source de reflets.* — On se rendra mieux compte encore de la loi de répartition de ces reflets en se figurant

Fig. 101



(fig. 101) placé en O et comme enveloppé dans la sphère céleste et en considérant ce que les peintres appellent *le ciel*.

En quelque point que l'on regarde le ciel, il paraît lumineux et par conséquent il envoie des reflets. Si on le regarde en S on trouvera le soleil envoyant des rayons très intenses ; mais tout autre point tel que a en enverra aussi ; le ciel paraîtra encore très lumineux en a, près du soleil, et plus on se rapprochera de l'équateur EE', c'est-à-dire du méridien dont le plan est perpendiculaire à la ligne SO, plus l'éclat du ciel ira en diminuant; en EE' on passe par un minimum. Au-delà de EE', en b par exemple, l'éclat augmentera un peu et sera de nouveau maximum pour le point S' opposé au soleil ; mais ce dernier maximum ne saurait être comparable à celui qui répond au soleil S.

D'ailleurs, si nous prenons sur la sphère céleste des points tels que a, a', a''..., situés sur un même parallèle, ils auront le même éclat ; ils enverront donc des rayons indirects qui auront la même intensité. Autrement dit, si l'on classe les rayons indirects suivant leur intensité, tous les rayons de même intensité tels que aO — a'O — a''O, etc... arriveront suivant les génératrices d'une série de cônes de révolution qui auraient pour axe commun la ligne SS', c'est-à-dire le rayon solaire principal.

(*c*) *Rayon atmosphérique principal.* — Si nous imaginions que, l'atmosphère n'existant plus, il y ait seulement deux sources de lumière : l'une le soleil S éclairant dans la direction SO, et l'autre, un second soleil fictif S' très peu lumineux par rapport à l'autre, éclairant dans la direction opposée S'O. Ce deuxième soleil produirait, à lui seul, *à peu près* le même effet que tous les reflets atmosphériques réunis. Il peut être commode de le considérer au lieu de ces reflets, et nous nommerons *rayon atmosphérique principal*, la direction de lumière qu'il *pourrait* nous envoyer.

Mais il faut bien remarquer que le soleil des reflets est tout à fait fictif ; il n'a pas de propriétés ombrantes comme le soleil vrai ; il ne peut pas donner lieu à des séparatrices d'ombre et de lumière ; il n'est là que pour nous aider à comprendre les variations d'intensité d'éclairage, réel ou apparent, dans les ombres.

(*d*) *Reflets terrestres.* — Le sol, supposé horizontal, et éclairé par un plein soleil, doit être considéré comme une surface dépolie qui reçoit la lumière et la diffuse dans tous les sens, d'après les lois étudiées ci-dessus. Il devient une source lumineuse qui éclaire dans toutes les directions et il donne des reflets importants qui l'emportent ordinairement sur les reflets atmosphériques.

Nous les étudierons plus tard, quand nous parlerons du rendu dans le dessin d'architecture. Nous commencerons par les négliger et nous allons, pour débuter, considérer les objets comme noyés dans une atmosphère indéfinie et comme placés suffisamment loin du sol pour n'en pas éprouver de reflets.

§ II. — Principe des orientations et ses conséquences

68. **Variations dans l'éclairement des différents points d'un objet noyé dans l'atmosphère.** — D'après ce qui précède, un élément de surface, même si nous lui masquons le soleil, sera éclairé par les rayons indirects qui lui viendront du ciel. De l'étude qui vient d'être faite, nous pouvons, suivant que l'élément est dans la lumière, dans l'ombre propre ou dans une ombre portée, déduire ce qui suit :

(*a*) *Zônes en lumière.* — L'éclat apparent des zônes en lumière dépendra de la nature de la surface ; il n'est pas le même suivant que cette surface est dépolie, polie ou

mi-polie. Nous donnerons plus loin la manière de déterminer ces zônes sur une sphère (chapitre II).

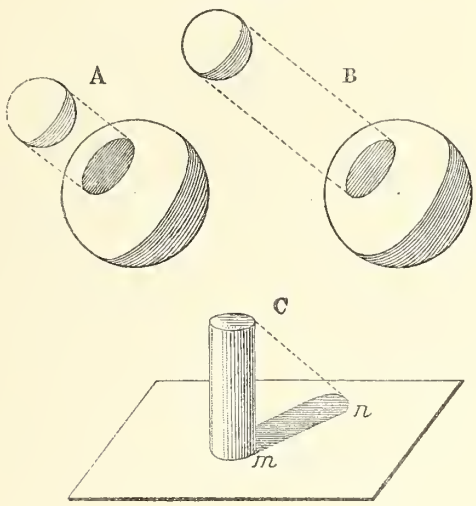
(*b*) *Zônes en ombre propre.* — 1° Plus il y aura de rayons indirects qui seront masqués, plus l'ombre sera noire, et inversement.

2° De deux éléments placés dans l'ombre propre, celui qui se rapprochera le plus d'être normal au rayon atmosphérique principal sera donc le plus reflété.

3° La séparatrice d'ombre propre, ayant ses éléments qui regardent précisément les points du ciel les moins éclairés, sera plus noire que tout autre élément de surface pris dans l'ombre propre, sans être cependant complètement noire, et tout en étant moins noire que les éléments situés dans l'ombre portée, ainsi que nous le disons plus loin.

(*c*) *Zones en ombres portées.* — 1° *Effets de distance.* — L'ombre portée par un objet sur un autre diminue d'intensité lorsque la distance des deux objets augmente ; en effet

Fig. 102



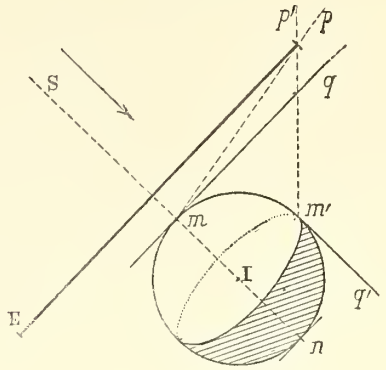
(fig. 102), lorsque l'objet qui porte ombre est placé près (position A), il masque un plus grand nombre de rayons atmosphériques que lorsqu'il est loin (position B); il lui cache une plus grande étendue du ciel. C'est pour cette raison que (voir C) lorsqu'un objet porte ombre sur un autre (par exemple un cylindre portant ombre sur un plan, une cheminée portant ombre sur un toit) l'ombre portée est plus noire en *m*, à son point de départ, qu'en *n* à son extrémité.

2° *Effets d'orientation.* — Lorsqu'une surface courbe possède une de ses régions dans l'ombre portée par une autre surface, cette région ne reçoit plus ni les rayons directs ni les rayons atmosphériques voisins des rayons directs et qui sont les plus intenses.

Or, prenons deux éléments de surface, l'un voisin de l'incidence normale *m* et l'autre *m'* voisin de la ligne d'ombre propre (fig. 103).

Pour fixer les idées, imaginons que l'écran E, qui projette une ombre, soit un plan assez grand. On voit facilement que l'élément *m*, éloigné de la séparatrice, reçoit les rayons atmosphériques compris entre le plan *mp* qui, mené par *m*, va raser le bord de l'écran et le plan tangent *mq*. D'une

Fig. 103



part ces rayons sont peu nombreux, car l'angle *pmq* est petit, et d'autre part, ils viennent des points du ciel les moins éclairés. De plus, ils arrivent obliquement. Donc, pour cette triple raison, ce point *m* sera très peu éclairé par les reflets.

Prenons l'élément *m'*, au contraire, au voisinage de la séparatrice. Il reçoit les rayons, bien plus nombreux, compris entre le plan *m'p'* rasant l'écran et le plan *m'q'* tangent à la surface, parmi lesquels un grand nombre le frappent normalement et viennent de points du ciel qui sont éclairants.

Donc l'élément *m'* sera plus éclairé que *m*.

A plus forte raison le point *n*, directement opposé au point *m*, et dans l'ombre propre, sera plus reflété encore que le point *m'*.

De cette étude, nous dégagerons la loi suivante :

69. Loi de l'éclairement dans les ombres propres et portées.

1° Dans l'ombre propre, un élément sera d'autant plus éclairé par l'ensemble des rayons atmosphériques qu'il l'eût été davantage par le rayon atmosphérique principal supposé existant seul (ainsi le point *n* est plus éclairé que *m'*).

2° Dans l'ombre portée, un élément *m* ou *m'* sera d'autant plus sombre qu'il eût été plus clair si cette ombre portée n'eût pas existé (ainsi *m* qui, sans l'écran, eût été très éclairé doit être très sombre dans l'ombre portée).

3° Les lignes d'égales teintes dans l'ombre portée seront les mêmes que si cette ombre n'existait pas ; seulement, les zônes qu'elles sépareront seront d'autant plus sombres qu'elles eussent été plus claires sans l'existence de cette ombre portée. — Ce troisième principe, très important, sera désigné sous le titre de : *Principe des ombres portées.*

4° Dans l'ombre propre, les lignes d'égales teintes se tra-

ceront en faisant l'hypothèse d'un soleil fictif, existant seul et directement opposé au soleil réel. Par conséquent, si le corps est dépoli, les lignes d'égales teintes, étant les lignes d'égale incidence, s'obtiendront en continuant le tracé de celles qui correspondent à la partie éclairée de la surface et comme si les rayons directs étaient susceptibles de les atteindre.

Nota. — Il faut remarquer combien est grande la part de l'hypothèse dans les considérations qui nous conduisent à ces lois. Il faudrait donc se garder d'en chercher l'application rigoureuse lorsque l'on dessine d'après nature. En les observant, en dessin géométrique, on obtiendra des effets qui seront satisfaisants quoique réalisés simplement. C'est tout ce qu'il nous faut.

§ III. — Principe des couleurs et ses conséquences

70. **Tons simples et purs, rabattus ou éclaircis.** — En peinture, lorsqu'on ne cherche pas à se tenir dans les lois rigoureuses de la physique, on admet trois couleurs simples que nous nommerons les *tons simples* et qui, par leur réunion, formeront le blanc ; ce sont :

Le *jaune*, couleur claire et brillante. (La gomme-gutte donne à peu près le jaune pur.)

Le *rouge*, couleur éclatante et demi-claire. (Le carmin, lorsqu'il est bien franc, donne le rouge. Mais le carmin est quelquefois un peu violacé.)

Le *bleu*, couleur sombre. [Il est donné à peu près, par le bleu de Prusse clair, quand ce dernier n'est pas verdâtre] (1).

Le *noir* est l'absence de lumière, ce n'est pas une couleur.

Lorsque ces tons sont à leur maximum d'intensité et qu'ils ne sont mêlés ni de noir ni de blanc, on dit que ces tons sont *purs*.

S'ils sont mêlés de noir, on dit que les tons sont *rabattus* ; s'ils sont mêlés de blanc, on dit qu'ils sont *éclaircis*.

Suivant la fraction de noir ou de blanc qu'ils contiennent ils peuvent être rabattus ou éclaircis à 1/10e, 2/10e, 3/10e, etc. (2).

71. **Tons composites de 1er, 2e ou 3e ordre. — Rosace des couleurs.** — Si l'on mélange, par parties égales, les tons simples, on obtiendra les tons composites de premier ordre qui pourront, eux aussi, être rabattus ou éclaircis.

Le rouge et le jaune donnent l'*orangé*.

Le jaune et le bleu donnent le *vert*.

Le bleu et le rouge donnent le *violet*.

Si l'on mélange un ton composite de 1er ordre, avec le ton simple qui en est le plus voisin, on aura un ton composite de 2e ordre.

L'orangé et le rouge donnent l'*orangé-rouge*.

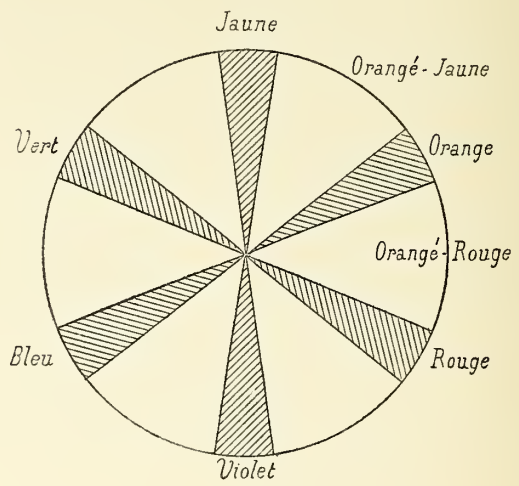
L'orangé et le jaune donnent l'*orangé-jaune*, etc.....

Les tons de 3e ordre s'obtiendront en mélangeant un ton de 2e ordre avec la couleur simple ou composite qui l'avoisine.

L'orangé-rouge et le rouge donnent l'*orangé-rouge-rouge*, etc.

Pour obtenir une rosace des couleurs on trace un cercle

Fig. 104



(fig. 104) ; on prend les points situés aux sommets d'un triangle équilatéral et l'on y place les trois couleurs simples, le jaune, le rouge et le bleu.

Sur les points situés à égale distance des précédents, on placera les tons composites du premier ordre, le vert, le violet et l'orangé, et ainsi de suite.

Cette rosace a été construite par M. **Chevreul** pour servir aux usages de la manufacture des Gobelins. Il a construit également d'autres rosaces, donnant les tons de la précédente, mais éclaircis ou rabattus à 1/10e, 2/10e, 3/10e, etc.

Il les a classées et, dès lors, il lui a été facile, étant donné un ton quelconque, d'indiquer la rosace à laquelle il appartient et la place qu'il y occupe.

72. **Couleurs complémentaires.** — Deux tons sont dits *complémentaires* lorsque, par leur mélange, ils donnent du blanc ou du gris non coloré.

Si l'on admet, ce qui n'est pas rigoureusement exact, que

(1) En réalité, les trois couleurs simples qui, par leur réunion, donneraient le blanc, sont le rouge, le vert et le violet.

(2) Consulter pour tout ce qui est relatif aux couleurs, à leur mélange et aux effets de contraste, les ouvrages suivants : Chevreul : *Contraste simultané des couleurs* ; — Brücke et Helmoltz : *Principes scientifiques des Beaux-Arts* (Paris, Germer-Baillère) ; — Brücke, professeur à l'Université de Vienne : *Physiologie des couleurs*.

les trois tons simples, le rouge, le jaune et le bleu, sont nécessaires pour former le blanc, on aura, d'une manière approchée, tous les tons complémentaires les uns des autres, en prenant, sur la rosace des couleurs, ceux qui sont aux extrémités d'un même diamètre.

Le rouge a donc pour complémentaire le vert.

Le jaune a donc pour complémentaire le violet.

Le bleu a donc pour complémentaire l'orangé (1).

73. Couleurs usuelles. — Les principales couleurs fournies par le commerce sont les suivantes ; indiquons d'abord les tons simples :

Encre de Chine, — Noir d'Ivoire, — Noir de bougie.	Ombres.
Sépia	
Brun de Vandick, — Terre d'ombre.	
Ocre jaune.	Jaunes.
Gomme-gutte	
Jaune de chrome	
Pierre de fiel.	
Terre de Sienne brûlée	Rouges.
Carmin ou laque carminée.	
Vermillon	
Bleu de Prusse.	Bleus.
Outremer ou cobalt.	

On ne trouve que très difficilement, dans le commerce, les couleurs pures; elles sont toujours plus ou moins mêlées à un pigment noir, de telle sorte que si l'on mélange deux couleurs complémentaires on n'obtiendra pas du blanc pur mais du gris.

Pour la même raison, le mélange de deux des tons simples qui précèdent ne donnera pas un ton composé très franc. C'est pourquoi on joint à ces couleurs des tons composés permettant de ne pas faire de mélanges. Les principaux sont :

Le brun de Madder, ou laque de garance (rouge un peu violacé utilisé pour les ombres dans les paysages);

Le vert Hocker (vert un peu sombre); on s'en sert beaucoup pour le paysage ;

Le vert Véronèse (vert clair, très éclatant);

L'indigo (bleu sombre);

Le jaune indien, etc.....

74. Teintes conventionnelles (dessin de machines). — On a adopté, dans le dessin des machines, les teintes conventionnelles suivantes pour rendre la coloration des principaux matériaux que l'on emploie. Mais il est bien évident que ces teintes ne sauraient être adoptées en architecture pour un rendu à l'effet.

Composition des teintes conventionnelles (1).

		Proportions	
Fer . . . . . *Tôle* . . . . . *Acier*.	Bleu de Prusse.	18	20
	Encre de Chine	2	
Fonte.	Bleu de Prusse.	15	20
	Encre de Chine.	4	
	Carmin	1	
Laiton, bronze.	Gomme-gutte	18	20
	Carmin	2	
	Jaune indien si c'est possible .	»	
Cuivre rouge. .	Terre de Sienne brûlée . . .	10	20
	Carmin	10	
Bois	Ocre jaune	4	20
	Sépia.	4	
	Terre de Sienne brûlée	10	
	Carmin	2	
Terrains . . .	Sépia et Sienne brûlée, avec touches plus intenses faites au pinceau.		
Maçonnerie (en coupe) . . .	Carmin très étendu.		

75. Lavis en camaïeu. — Rendu des couleurs à l'encre de Chine. — On nomme *camaïeu* une peinture faite avec un seul ton (bleu, rouge, noir, etc.) Un lavis fait uniquement à l'encre de Chine est donc un camaïeu.

Il est facile de comprendre que dans un pareil lavis, exécuté à l'encre de Chine, sans couleur :

Le *jaune*, couleur claire, se rendra par une teinte d'encre de Chine très faible ;

Le *rouge*, couleur éclatante, se rendra par une teinte faible encore, mais cependant *plus soutenue* que le jaune;

Le *bleu*, couleur sombre, se rendra par une teinte d'encre de Chine *assez accentuée*.

Une photographie est un camaïeu, mais, en général, un mauvais camaïeu au point de vue du rendu des couleurs. Les jaunes sont presque toujours très sombres en photographie, tandis que les bleus sont clairs, ce qui est le contraire du véritable effet. Cela tient à ce que le jaune est une couleur moins photogénique que le bleu.

(1) Une expérience très simple permet de trouver facilement la couleur complémentaire d'une couleur donnée. On trace sur une feuille de papier un cercle, ou une figure quelconque, que l'on colore du ton dont on cherche le complémentaire. On fixe avec les yeux, pendant une minute environ, un point A marqué au centre de la figure; puis, en portant rapidement les regards sur une feuille blanche, peu éclairée, on voit apparaître la figure précédente mais colorée de la couleur complémentaire. — On peut faire faire cette expérience à tous les spectateurs d'un amphithéâtre, et simultanément.

(1) Les proportions indiquées ci-dessous ne sauraient avoir aucun caractère de précision, car il est évident que l'on ne mesure pas une couleur comme on mesure un liquide. Nous ne les avons données que pour indiquer au lecteur s'il faut en mettre peu ou beaucoup dans la composition des teintes.

76. Causes de la couleur des objets.

(*a*) *Saturation, sursaturation, sous-saturation.* — Un objet éclairé par la lumière blanche, nous paraît coloré parce que cette lumière est décomposée à sa surface. Une portion des couleurs qui constituent le blanc est, pour ainsi dire, absorbée, tandis que l'autre est renvoyée. Si le *rouge* est absorbé, le *vert* est renvoyé. La couleur renvoyée est donc complémentaire de celle qui est absorbée.

L'expérience faite sur une feuille d'or prouve la justesse de cette explication. Vue par réflexion, la feuille d'or paraît jaune-rougeâtre, et vue par transparence elle semble verte. Le vert et le rouge sont complémentaires.

On conçoit qu'il existera un instant où la limite d'absorption sera atteinte. A ce moment, si l'on éclaire davantage la surface, toute la lumière blanche reçue ne sera pas décomposée : une portion de lumière blanche nous sera renvoyée, et l'objet nous paraîtra teinté de sa couleur propre mais mêlée de blanc, c'est-à-dire *éclaircie*.

Au contraire, si la lumière blanche éclairante diminue d'intensité, l'objet paraîtra plus sombre et teinté de sa couleur propre, mais *rabattue*.

Il y aura *saturation* dans le premier cas, *sursaturation* dans le second, et *sous-saturation* dans le troisième.

(*b*) *Convention.* — *Orientation saturée, sursaturée et sous-saturée.* — En dessin géométrique il nous faut un point de départ défini, quoique conventionnel.

Nous conviendrons qu'un plan est à sa limite de saturation, c'est-à-dire à son *maximum de coloration*, ni teinté de noir, ni teinté de blanc, lorsqu'il est parallèle au plan de la projection que l'on regarde. Nous nommerons *orientation saturée* celle qui correspond à cette position.

Si, partant de cette position, le plan se présente plus normalement à la lumière, et par conséquent s'éclaire plus, il se *sursature* et s'éclaircit ; s'il fait le contraire, il se *sous-sature* et se rabat.

D'après ces conventions il est facile de voir que, sur une sphère en élévation, la *zone saturée*, c'est-à-dire celle qui devra nous apparaître avec toute la couleur propre de l'objet, ni rabattue, ni éclaircie, sera celle qui se trouve bien au milieu, là où le plan tangent est de front.

Nous devrons donc faire en sorte qu'en ce point nous trouvions sur notre rendu ce que nous nommerons plus loin la *teinte locale de couleur*. Partant de ce point, si l'on se dirige du côté de l'ombre propre, cette teinte de couleur devra se rabattre, c'est-à-dire s'assombrir; si l'on va, au contraire, du côté du point clair ou brillant, elle devra s'éclaircir.

Nous donnerons plus loin des explications détaillées sur ce sujet.

§ IV. — Principe des distances et ses conséquences — perspective aérienne

77. Effets de l'éloignement. — Lorsqu'un objet s'éloigne de nous, deux effets se produisent :

(*a*) *Effet de distance.* — La lumière qu'il nous envoie et, par suite, l'éclat total apparent qu'il possède pour nous décroît en raison directe du carré de la distance. Mais il est facile de voir que cet effet est absolument nul pour notre œil et que, s'il existait seul, les objets paraîtraient aussi éclatants de loin que de près.

En effet, plus un objet est loin, moins il nous envoie de lumière, c'est vrai ; mais aussi, plus il paraît petit dans notre œil ; de telle sorte que notre œil recevant deux, trois, quatre fois moins de lumière, mais la condensant sur un espace deux, trois, quatre fois plus petit, l'éclairement, par unité de surface, de cet espace de la rétine, reste constamment le même et l'objet doit paraître aussi éclatant de loin que de près. Dans les pays où l'atmosphère est très pure, en Egypte et en Grèce notamment, les distances modifient la grandeur apparente des objets, mais n'atténuent presque pas l'intensité de leur coloration.

(*b*) *Effet de perspective aérienne.* — Lorsqu'un objet s'éloigne, il s'interpose entre lui et nous une sorte de brouillard formé par l'air ou par les poussières ; ce brouillard est d'autant plus intense que l'air est moins pur. Il agit :

1° Par réflexion, en recevant de la lumière et en nous la renvoyant, ce qui diminue d'autant l'éclat relatif des objets situés derrière ;

2° Par transparence, en colorant de sa couleur, qui est bleuâtre, les objets devant lesquels il s'interpose.

78. Des différents plans en peinture. — Perspective aérienne. — En peinture, on classe les objets suivant leur distance à l'œil, par les places qu'ils occupent.

(*a*) *1er plan.* — Les objets placés très près sont dits *au premier plan ;* on admet que sur eux l'effet de l'air est nul ; donc les objets en premier plan possèderont leur couleur absolue.

(*b*) *2e plan.* — Placés un peu plus loin, les objets sont dits *au deuxième plan ;* les objets jaunes paraîtront, dans ce cas, moins jaunes et un peu bleuis, ou mieux, un peu neutralisés comme couleur. Les objets rouges paraîtront moins rouges et un peu bleuis, c'est-à-dire un peu violets. Les objets bleus paraîtront moins bleus s'ils sont bleu foncé et, au contraire, un peu plus bleus s'il sont bleu très clair.

(*c*) *3e plan.* — Placés encore plus loin, les objets sont dits *au troisième plan.* Tous les effets indiqués ci-dessus devront être accentués.

(*d*) *Lointains.* — Enfin tout à fait au loin, les objets sont

dits *dans le lointain* ; la couleur bleue augmente, et l'on peut dire que toutes les couleurs viennent se fondre dans une seule, qui est le bleu des lointains.

Le jaune y devient bleu-jaune, c'est-à-dire un peu verdâtre.

Le rouge y devient rouge-bleu, c'est-à-dire un peu violacé.

Le bleu y devient moins foncé s'il était d'abord foncé, et plus foncé au contraire s'il était très clair. En tout cas, jamais ce bleu de lointain ne peut devenir intense ; il ne doit évidemment pas dépasser de beaucoup le bleu du ciel, qui est le bleu de l'air à son maximum d'intensité.

79. **Manière de rendre en camaïeu, à l'encre de Chine, les effets de la distance.** — Les effets de la distance se rendront, à l'encre de Chine, de manières différentes suivant l'intensité des tons.

En effet : un objet, en s'éloignant, doit 1° perdre de sa coloration propre ; 2° prendre le ton de l'air. Par conséquent, suivant que l'un ou l'autre de ces deux effets l'emportera, on devra diminuer ou augmenter la teinte d'encre de Chine qu'on lui aurait attribuée en premier plan. Donnons des exemples :

(*a*) *Un objet jaune en lumière*, se rendra en premier plan par une teinte d'encre de Chine très légère et pour ainsi dire nulle ; en s'éloignant, c'est l'effet d'assombrissement de l'air qui l'emportera ; on rendra donc l'éloignement, pour les objets jaunes, en ajoutant de légères teintes d'encre de Chine qui, cependant, ne devront jamais, même pour les lointains, dépasser la teinte que l'on jugerait devoir représenter le bleu du ciel ou, mieux encore, le ton des montagnes au lointain.

(*b*) *Un objet jaune dans l'ombre*, et plus généralement tout objet dans l'ombre, se rendra, en premier plan, par une teinte d'encre de Chine en général assez intense ; lorsque l'objet s'éloignera ce sera l'effet d'éclaircissement qui l'emportera et l'on devra diminuer les teintes.

(*c*) Pour un *objet rouge en lumière* (le rouge étant un ton demi-sombre), la teinte d'encre de Chine, qui le rendra en premier plan, ne sera ni claire ni foncée et à peu près la même que celle qui conviendrait comme bleu de lointain. Il pourra donc se faire que l'éloignement conduise à ne modifier que très peu la teinte rendant le rouge. Cependant comme il ne faut jamais, en dessin, rester dans l'indécision, on devra franchement adopter un rouge clair ou un rouge foncé ; s'il est clair, on en rendra les effets comme on a fait pour du jaune ; s'il est foncé, on agira comme il va être dit pour le bleu.

(*d*) *Un objet bleu dans la lumière* (le bleu étant une couleur sombre) se rendra, en premier plan, par une teinte d'encre de Chine un peu accentuée. En s'éloignant, cette teinte devra diminuer, tandis que l'air agira pour la foncer ; le premier effet l'emportera. Par conséquent, pour les bleus, surtout les bleus sombres dans la lumière (ceci ne s'appliquerait pas aux bleus clairs), la distance se rendra en diminuant le ton de premier plan.

(*e*) *Règle générale.* — Veut-on savoir, en faisant un camaïeu, si tel ton d'ombre ou de lumière doit être rabattu ou éclairci en s'éloignant, on commencera par établir le ton qui conviendrait aux lointains, et qui sera très voisin de celui qui figurait le ciel, près de l'horizon. Les tons plus clairs que celui-là s'assombriront en s'éloignant, mais sans jamais dépasser comme intensité celui des lointains ; les tons plus foncés que celui des lointains devront s'éclaircir en s'éloignant, mais sans jamais devenir plus clairs que le ton de ceux-ci. En résumé :

Tous les tons, en s'éloignant, tendront à se rapprocher d'un ton unique, qui est celui des lointains. Cette règle résume tous les effets de perspective aérienne.

§ V. — Effets physiologiques de contraste et d'irradiation

80. **Effets physiologiques.** — Les effets que nous allons décrire sont physiologiques et se produisent sur les nerfs de la rétine. Leur influence est considérable sur l'aspect apparent des objets ; le dessinateur doit les connaître, afin de les produire dans ses rendus en les exagérant. Il augmentera ainsi l'illusion produite par eux sur le spectateur. Voici les principaux effets de contraste et d'irradiation. Commençons par les effets de contraste.

(*a*) *Effets de contraste.* — 1° Si deux surfaces placées à côté l'une de l'autre sont, l'une noire et l'autre blanche, leur différence d'éclat s'exagère par le seul fait de leur juxtaposition.

2° Une même surface légèrement grise paraîtra presque noire si on la fait se détacher sur un fond très blanc ou très lumineux, et presque blanche, au contraire, si on la met sur un fond noir.

3° Un cercle très blanc placé sur un fond moins blanc semblera entouré d'une auréole dégradée grise. Au contraire, un cercle très noir placé sur un fond presque blanc semblera entouré d'une auréole plus blanche que le fond et se dégradant vers le blanc du fond en s'éloignant du cercle.

4° Une surface d'une certaine couleur, verte par exemple, se détachant sur un fond vert un peu différent d'elle, parait moins verte que si on la place sur un fond d'une couleur complémentaire, rouge par conséquent.

5° Une figure d'une certaine couleur placée sur un fond blanc paraît entourée d'une auréole dégradée, teintée de la couleur complémentaire. En résumé :

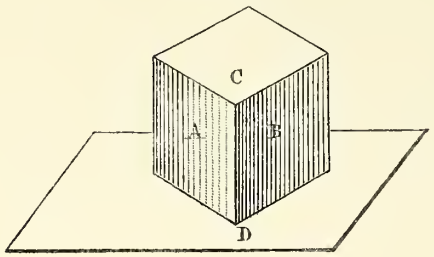
(*b*) *Loi du contraste.* — Deux tons de couleurs analogues s'atténuent réciproquement, et deux tons de couleurs opposées, c'est-à-dire complémentaires, s'exaltent l'un par l'autre.

(*c*) *Effets d'irradiation.* — Deux surfaces égales, l'une noire et l'autre blanche, placées à côté l'une de l'autre, ne paraissent pas égales, et la surface blanche paraît plus grande. C'est par un effet analogue que le croissant de la lune, alors que la lumière cendrée est visible, semble déborder sur la partie obscure du disque. Un fil fin, obscur, visible sur un fond gris disparaît si le fond devient plus éclairé. Les plombs des vitraux, dans les églises, paraissent beaucoup plus minces qu'ils ne le sont en réalité. Dans certains cas, c'est à peine si on les voit. En résumé :

(*d*) *Loi de l'irradiation.* — Il y a empiétement du clair sur l'obscur. On dit que *le blanc mange le noir.*

(*e*) *Conséquences.* — 1° Si deux plans A et B (fig. 105) se

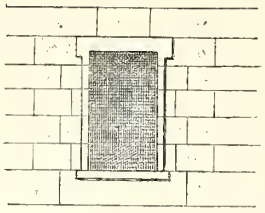
Fig. 105



coupent suivant une arête vive CD ; si l'un d'eux A est éclairé, et si l'autre B est dans l'ombre, la face dans l'ombre paraît plus noire aux environs de l'arête CD et la face éclairée plus blanche.

Le dessinateur devra donc, dans son rendu, accuser cet effet en l'exagérant.

Fig. 106



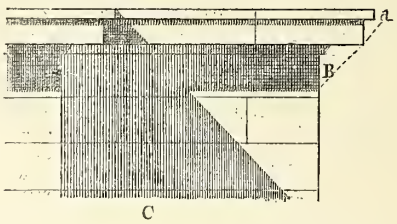
2° En architecture (fig. 106), les fenêtres se détachent sur des murs qui, même dans l'ombre, sont beaucoup plus éclairés que l'intérieur des pièces auxquelles appartiennent ces fenêtres. Elles paraissent très noires ; c'est un effet de contraste. Elles sont, en outre, plus foncées en haut qu'en bas. Ce dernier effet tient à ce que, dans les appartements, les parties basses des murs intérieurs sont plus éclairées que les parties hautes ; il se justifie également par ce qui est dit aux numéros suivants (3° et 4°).

3° Dans un édifice, les toits paraissent presque toujours très sombres, à moins qu'ils ne fassent miroirs et ne réfléchissent la lumière. Cela tient à ce qu'ils se détachent sur le ciel qui est presque toujours très brillant. Les ombres dans les toits paraissent toujours très noires.

4° Le ciel étant *bleu*, les objets qui se détachent sur lui doivent paraître plus *orangés* qu'ils ne le sont en réalité, puisque l'orangé est la couleur complémentaire du bleu. Ce fait est surtout sensible pour les édifices en pierres jaunes. Aussi les architectes ont-ils l'habitude, dans leurs lavis, lorsqu'ils veulent rendre l'effet d'un édifice en pierre rouge ou jaune, de passer la teinte plus intense à la partie supérieure.

Plus généralement, à cause du contraste puissant dû au ciel très clair, tous les tons (tons d'ombre ou tons de couleur) doivent être plus intenses à la partie supérieure des édifices qu'à la partie inférieure. Nous verrons, en parlant du rendu d'architecture, que les reflets terrestres contribuent à accentuer encore l'exagération des ombres et même des couleurs à la partie supérieure des édifices.

Fig. 107



5° Dans un dessin d'architecture (fig. 107), les ombres fines telles que *a*, qui se détachent sur une surface très éclairée, comme l'est un larmier, paraîtront, à égalité d'éloignement, plus noires que d'autres ombres plus larges, telles que C. La partie B de l'ombre, qui est peu étendue et qui est voisine d'une partie très éclairée, paraîtra plus sombre que la grande nappe d'ombre C, quoique située dans un même plan. En fondant la teinte de B en C on produira un effet satisfaisant et l'on donnera au dessin l'aspect que produirait un éclairage puissant.

CHAPITRE II

LES TROIS SPHÈRES TYPES (DÉPOLIE, POLIE ET MI-POLIE). — ÉCHELLES DE TEINTE

§ I. — Sphère type dépolie

81. Lignes d'égales teintes sur une sphère dépolie (épure) (fig. 108 et 109). — Afin de simplifier l'épure, le rayon lumineux a été, par une rotation préalable, rendu parallèle au plan vertical ; nous désignerons par φ l'angle qu'il fait avec la ligne de terre. (Revoir Ombres usuelles, nos 8 et 24),

On sait que l'on a : $\text{tang. } \varphi = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

Le point N′ d'incidence normale est le point le plus clair. Nous avons vu, n° 66, que sur une surface dépolie les lignes d'égales teintes sont les lignes d'égale incidence. Les lignes d'égale incidence et, par suite, d'égales teintes, s'obtiendront donc en coupant la sphère par des plans perpendiculaires au rayon lumineux. Le nombre de ces plans est d'ailleurs arbitraire ainsi que leurs distances relatives.

Pour fixer les idées, nous avons pris 7 plans équidistants, ce qui correspond à des angles d'incidence dont les cosinus décroissent en progression arithmétique. Mais il faut remarquer que ce nombre et cette équidistance sont tout à fait conventionnels, et que l'on pourrait adopter tout autre nombre et toute autre loi pour la variation des distances. Les plants sécants devront cependant, quelles que soient les autres conventions, être perpendiculaires au rayon lumineux.

Ainsi donc, ce qui caractérise essentiellement la sphère dépolie, c'est que les lignes d'égales teintes y sont déterminées par des plans parallèles entre eux et perpendiculaires au rayon lumineux. Quant à la loi d'écartement de ces plans, elle est arbitraire ; mais de cette loi dépend aussi la loi de dégradation des teintes qui serviront à exécuter le lavis.

Nous croyons inutile d'indiquer comment chacune des ellipses de la projection horizontale (fig. 109) a été déduite de l'épure en projection verticale. Remarquons seulement que toutes ces ellipses sont semblables entre elles ; le petit axe est au grand axe dans le rapport constant de 1 à $\sqrt{3}$. (Voir n° 24, Ombres de la sphère.)

Nous reconnaissons là les courbes que nous avons nommées plus haut des ellipses isométriques.

Les lignes ainsi obtenues ont été désignées par des nombres positifs dans la partie en lumière, 1, 2, 3.... et par des

Fig. 108

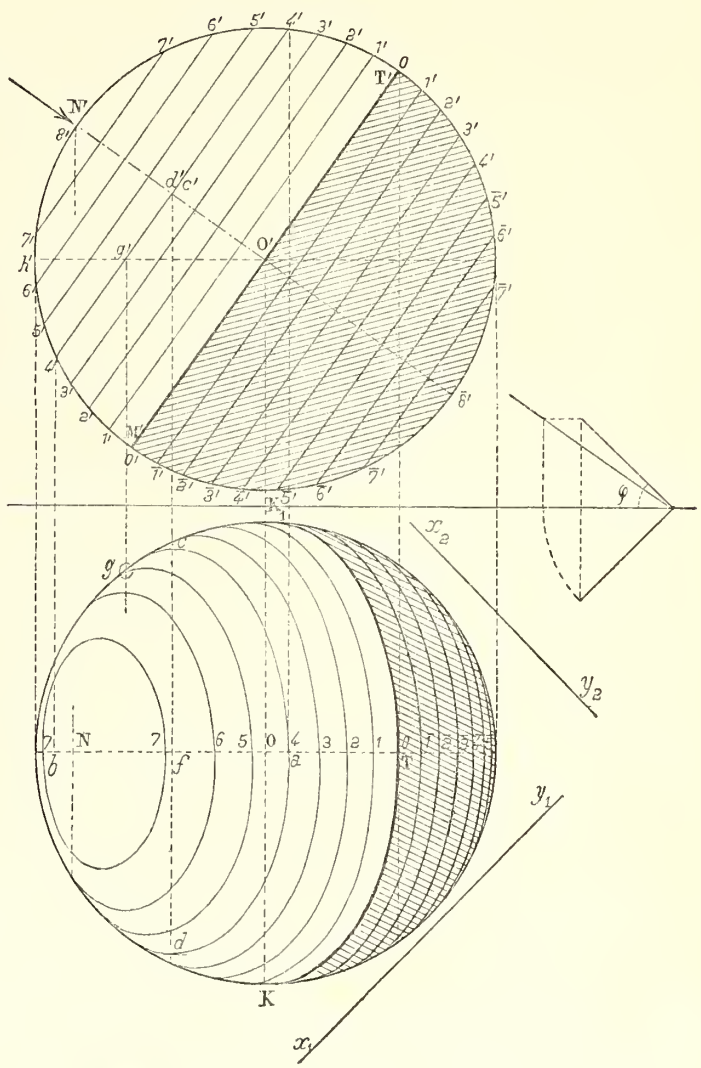


Fig. 109

nombres négatifs $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$.... (1) dans celle qui est dans l'ombre.

(1) Qu'il faut lire moins un, moins deux.... etc.

La ligne d'ombre propre est la ligne de teinte n° 0.

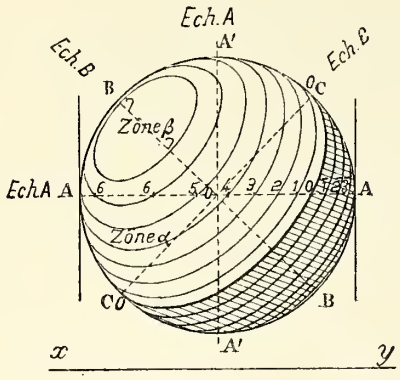
En prenant pour nouvelle ligne de terre (fig. 109) la droite à 45°, x_1y_1, la sphère se présente comme si elle était en projection verticale, avec le rayon lumineux ramené à 45°.

En prenant l'autre droite à 45°, x_2y_2, pour ligne de terre, on voit la sphère comme si elle était en projection horizontale.

On remarquera que dans une sphère dépolie la zone 7 7, la plus claire, est trè voisine du contour apparent. Elle est la seule qui ne se perde pas tangentiellement dans ce contour apparent.

82. Les trois zones caractéristiques de toute surface (zone zéro, — zone α — zone β). — Replaçons, par une rotation inverse, la sphère précédente dans sa position première, nous obtenons la figure 110 (qui est ici une réduction

Fig. 110



de la figure 109). La subdivision en huit zones était tout à fait conventionnelle, et nous avons dit que l'on pourrait faire toute autre convention. Néanmoins, quel que soit le tracé adopté, nous aurons toujours trois zones caractéristiques qui devront occuper des positions semblables, parce qu'elles répondent à des conditions optiques toujours les mêmes : Ce sont celles que nous appellerons les zones **zéro — Alpha** (α) et **Bêta** (β).

(*a*) *Zone zéro, ou zone séparatrice.* — C'est la zone qui vient immédiatement après la séparatrice d'ombre et de lumière. Cette séparatrice n'est pas une ligne de convention, elle est déterminée géométriquement (voir 1re partie) par les rayons lumineux tangents à la surface.

(*b*) *Zone alpha* (α) *ou zone de teinte locale dite encore : zone d'éclairage à saturation.* — Nous avons dit plus haut, mais nous y revenons à cause de l'importance de la question, que lorsqu'un objet coloré est éclairé par de la lumière blanche, sa coloration ne nous apparaît que parce que la lumière blanche est décomposée à sa surface. Une portion est pour ainsi dire absorbée, tandis que l'autre nous est renvoyée. Si le rouge est absorbé, le vert est renvoyé. La couleur renvoyée est complémentaire de celle qui est absorbée. (Voir plus haut : Principe des couleurs.) La couleur renvoyée est précisément celle que nous attribuons à l'objet.

Mais cette capacité d'absorption n'est pas indéfinie et, si l'éclairage est très considérable, une portion de lumière blanche, non décomposée, nous sera renvoyée et l'objet nous paraîtra teinté de sa couleur propre, mais mêlée de blanc, c'est-à-dire *éclaircie.*

Au contraire, si la lumière blanche éclairante diminue d'intensité, l'objet paraîtra plus sombre et teinté de sa couleur propre, mais mêlée de noir, c'est-à-dire *rabattue.*

Dans le premier cas il y a *saturation,* dans le second *sursaturation* et dans le troisième *sous-saturation.*

La zone α, sera pour nous la zone saturée; ce sera celle pour laquelle l'objet apparaît avec sa véritable couleur, avec ce que les peintres appellent *sa teinte locale;* il est facile, en prenant un plan coloré, la couverture d'un livre par exemple, de reconnaître sa teinte locale. On le placera devant soi et, l'orientant de différentes manières par rapport à la lumière, mais toujours en le regardant de face, on arrivera rapidement, par tâtonnements, à trouver la position pour laquelle en le tournant un peu plus du côté du jour il s'éclaircirait et en le tournant du côté opposé il s'assombrirait.

A ce moment, il est *orienté à saturation,* et il nous apparaît avec sa couleur vraie ; nous avons sous nos yeux la teinte locale, qu'avec un peu d'habitude nous pourrions reproduire, soit à la peinture à l'huile, soit à l'aquarelle.

A ce moment nous supposons que le plan que nous regardons est de face, c'est-à-dire dans la position du plan vertical lorsque nous regardons une élévation. Nous ferons donc la convention suivante :

(*c*) *Convention. — Nous conviendrons qu'un plan est éclairé à saturation lorqu'il est parallèle au plan de la projection que l'on regarde.*

Maintenant revenons à la sphère type, donnée figure 110 en élévation, et menons-lui un plan tangent parallèle au plan vertical de projection. Le point de contact se fera au centre même de la projection, et par suite nous pouvons affirmer que ce point appartient à la zone α.

Or, ce point de contact est compris, sur la sphère type dépolie, entre les deux ellipses 4 et 5, par conséquent toute la zone $\widetilde{4\ \ 5}$ sera, elle aussi, éclairée à saturation : Ce sera la zone α. Si la sphère est rouge de sa nature, nous devons trouver la même teinte locale rouge sur toute cette zone α ; si elle est d'un bleu déterminé c'est sur cette zone α que nous devrons trouver ce bleu.... etc....

(*d*) *Zone bêta* (β) *ou zone claire.* — Le point d'incidence normale NN' (fig. 108 et 109) est celui qui reçoit le plus de lumière; en ce point, la sursaturation est à son maximum et il doit nous apparaître, sinon tout à fait blanc, du moins

de la couleur locale très éclaircie. La zone $\widetilde{7\ 7}$ qui l'entoure sera donc la *zone claire* ou zone β.

83. **Zones intermédiaires, dites zones de demi-teintes.** — Si la surface est continue, les trois zones précédentes doivent se raccorder entre elles par des zones intermédiaires, c'est-à-dire par des *demi-teintes*. Mais il faut bien remarquer qu'entre la zone α et la zone β, les demi-teintes (5, 6 et 7) ne doivent être obtenues qu'en éclaircissant la teinte locale, *sans ajouter d'ombre*, tandis qu'entre la zone α et la teinte zéro il faut assombrir la teinte locale, c'est-à-dire ajouter progressivement de l'ombre.

Ces demi-teintes de transition portent le nom de *teintes de modelé*.

Entre α et β on modèle avec de la *couleur éclaircie*, tandis qu'entre α et zéro, on modèle avec de la *couleur rabattue*, autrement dit avec de l'ombre.

84. **Lavis de la sphère type, à teintes fondues.** (Suivre sur la figure 110.) — Afin de fixer les idées sur le rôle des zones caractéristiques et des zones de demi-teintes nous allons indiquer comment on devrait, à teintes fondues, conduire le lavis d'une sphère avec la couleur et avec l'ombre.

(*a*) *Première manière, en procédant du* **fort au faible.** — 1° On reconnaîtra bien la teinte locale, autrement dit la couleur de l'objet à rendre et on composera dans un godet le *ton local*, avec les couleurs de la boîte, en lui donnant toute l'intensité qu'il doit avoir.

2° On déterminera la teinte d'ombre qui servira à modeler dans les ombres (nous donnons plus loin, pratique du lavis, des notions sur ce point) et on la composera dans un autre godet. Cela fait :

3° On passera, à plat, la teinte locale sur toute la portion de la surface comprise du côté de l'ombre en deçà et à droite de la zone α; cette teinte sera passée à pinceau plein, mais plate, c'est-à-dire sans fondre, jusqu'à la zone α. Une fois la zone α atteinte, on fondra du côté de la lumière, en ajoutant de l'eau et en suivant à peu près, pour la dégradation, les ellipses 5, 6 et 7; arrivé à la zone 7 7 le pinceau ne devra plus contenir qu'une teinte de couleur très faible, presque de l'eau pure. A ce moment le *modelé dans la lumière* sera terminé.

4° On passera, *à plat*, *sans fondre*, la teinte d'ombre, pas très intense, sur toute la zone d'ombre propre (zones négatives $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$....).

5° Prenant de nouveau la teinte d'ombre, mais diminuée d'intensité, on en placera, à pinceau plein, une faible bande, à cheval sur la ligne zéro et on la fondra d'une part du côté de l'ombre en se guidant, pour la dégradation, sur les lignes négatives $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$..... et d'autre part du côté de la lumière en se guidant sur les lignes positives 1, 2, 3 et 4.

Mais dans cette dernière partie de l'opération il faut avoir bien soin de dégrader assez vite pour n'avoir plus que de l'eau pure dans le pinceau lorsque l'on atteindra la zone α. Autrement cette zone saturée α, qui est déjà recouverte par la teinte locale pure, serait en plus recouverte d'ombre et ne présenterait plus l'aspect d'éclairage à saturation qu'elle doit avoir.

(*b*) *Deuxième manière, en procédant du* **faible au fort.** — On pourrait opérer autrement, d'une manière plus certaine peut-être, comme il suit :

1° Avec de l'eau presque pure, très légèrement colorée de la teinte locale, on recouvre la zone claire β, à pinceau plein, et, se dirigeant vers la zone α, on fond, en *ajoutant chaque fois de la couleur*, de manière à recouvrir successivement les zones 7,6 — 6,5 — 5,4. On arrive ainsi à la zone α, avec une teinte franchement colorée, que l'on pousse ensuite sur tout le reste de la surface, mais *sans fondre*.

2° Avec la teinte d'ombre, on recouvre, *sans fondre*, toute l'ombre propre.

3° Avec de l'eau pure, on s'amorce sur la zone α; puis on ajoute peu à peu de la teinte d'ombre et, se dirigeant vers la ligne zéro, on recouvre successivement les zones 4, 3, 2 et 1.

On arrive ainsi sur la ligne zéro avec une teinte d'ombre assez soutenue que l'on fond ensuite, mais en la diminuant dans les zones négatives, en se guidant sur les lignes $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$.....

85. **Résumé.** — Quelle que soit la surface dont on veut rendre l'effet, qu'elle soit dépolie, polie ou mi-polie, une fois que l'on a déterminé : 1° La ligne zéro (séparatrice); 2° la zone saturée α ou du moins sa ligne moyenne (teinte locale de couleur); 3° la zone claire ou brillante β, ou du moins sa ligne ou son point moyen (ligne ou point brillant), un lavis à teinte fondue s'exécute en trois opérations qui constituent :

(*a*) *Le rendu de la couleur et de ses demi-teintes.* — Teinte fondue partant du presque blanc, au point β et allant en se colorant de plus en plus jusqu'à la zone α, où elle atteint son maximum, qui doit donner la vraie teinte locale, pour se terminer ensuite en teinte plate sur tout le reste.

(*b*) *Le rendu de l'ombre propre.* — Teinte plate d'ombre passée sur tout ce qui ne reçoit pas de lumière directe (pas très forte).

(*c*) *Le rendu des demi-teintes d'ombre.* — Teinte fondue, partant du blanc en prenant pour départ la zone α; allant en se chargeant d'ombre, de plus en plus, jusqu'à la ligne zéro où elle atteint son maximum et se prolongeant ensuite dans l'ombre propre, mais en se dégradant rapidement.

(*d*) *Le rendu des ombres portées.* — Il est entendu que tout ce qui est dans l'ombre portée aura dû, dans la série d'opérations qui précèdent, recevoir, non seulement la teinte

d'ombre propre, mais aussi la teinte locale de couleur, pure, sans dégradation aucune. Il serait absurde d'éclaircir la couleur dans une ombre portée, puisque l'éclaircissement d'un ton de couleur n'est dû qu'à un excès de lumière produisant une sursaturation.

Appliquant maintenant la loi des ombres portées (n° 69), on prendra une teinte d'ombre que nous nommerons la *teinte d'ombre portée*. Elle sera assez légère pour commencer. Elle se bordera sur la séparatrice et on la passera seulement dans l'ombre portée, en la fonçant de plus en plus au fur et à mesure que l'on atteindra les zones qui eussent été les plus claires sans l'existence de cette ombre portée. De telle sorte que, si la zone β est en partie dans la lumière et en partie dans l'ombre portée, sa partie en lumière sera la plus claire de tout le dessin, tandis que sa partie dans l'ombre sera la plus noire. (Comme application, voir plus loin le rendu des moulures.)

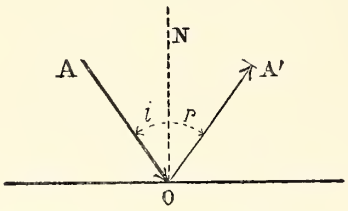
(*e*) *En résumé.* — Dans l'ombre portée une zone est d'autant plus noire qu'elle eût été plus claire sans l'existence de cette ombre portée.

(*f*) *Nota.* — Nous désignerons par les lettres α′ et β′ les zones α et β lorsqu'elles seront dans l'ombre portée. De même les zones 3 — 4 ou 4 — 5 ou 5 — 6 dans la lumière seront désignées par 3′ — 4′ ou 4′ — 5′ ou 5′ — 6′ si elles sont dans l'ombre portée.

§ II. — Sphère type, polie

86. **Lois de la réflexion.— Intensité du rayon réfléchi.**— Les corps polis sont ceux dont la surface renvoie *spéculairement* la lumière, c'est-à-dire dans une direction déterminée. On sait : 1° que le rayon incident est avec le rayon réfléchi dans un même plan contenant la normale à la surface réfléchissante, et 2° que l'angle d'incidence AON est égal à l'angle de réflexion NOA′ (fig. 111).

Fig. 111



L'intensité du rayon réfléchi varie : 1° avec la nature de la surface réfléchissante ; 2° avec l'angle de réflexion.

Cette dernière variation est assez considérable pour certaines substances. Pour d'autres (les surfaces métalliques sont de ce cas), l'intensité du rayon réfléchi varie très peu avec l'incidence. Cette intensité est toujours plus grande sous l'incidence rasante que sous l'incidence normale.

Nous admettrons que les corps polis, que nous allons étudier, sont des métaux et que l'intensité du rayon réfléchi est indépendante de l'incidence. Cette intensité variera donc seulement avec celle de la source lumineuse. Remarquons, néanmoins, que cette hypothèse n'est pas rigoureuse.

87. **Aspects divers d'un plan poli.**

(*a*) *Les rayons lumineux sont parallèles entre eux et ne viennent que dans une seule direction. Le spectateur est à l'infini.* — Les rayons se réfléchissant suivant la loi connue : si les rayons visuels sont parallèles aux rayons réfléchis, alors ils aboutissent tous à l'œil du spectateur placé à l'infini, et tous les points du plan paraissent lumineux ; s'il n'en est pas ainsi, le spectateur ne reçoit aucun rayon réfléchi ; tous les points du plan lui paraîtront obscurs, et le plan ne semblera pas exister. Autrement dit, il faut que, s'il s'agit d'une élévation, les rayons soient réfléchis suivant des perpendiculaires au plan vertical, autrement le plan paraîtra obscur. Si la condition est remplie, au contraire, il paraîtra brillant dans son entier.

(*b*) *Le plan est éclairé par des rayons parallèles venant dans toutes les directions. Le spectateur est à l'infini.* — C'est le cas de la lumière solaire jointe aux lumières indirectes émanant de l'atmosphère. L'œil ne recevra des rayons directs, ou indirects, que ceux qui, après la réflexion, auront pris la direction du rayon visuel. Si ce sont les rayons de reflet les plus intenses qui sont renvoyés à l'œil, le plan paraîtra très lumineux et d'un éclat uniforme et inversement ; mais, en tout cas, quelle que soit la position du spectateur, le plan ne paraîtra jamais obscur, parce qu'il y aura toujours des rayons, intenses ou non intenses, venant d'un point quelconque du ciel, qui seront réfléchis de manière à être renvoyés dans la direction de son œil.

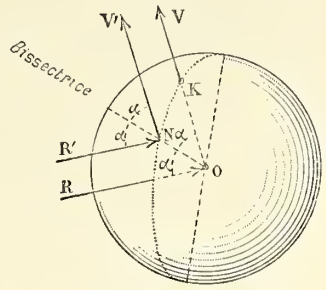
87 bis. **Aspects divers d'une sphère polie.**

(*a*) *La sphère est éclairée par des rayons lumineux venant dans une direction unique. Le spectateur est à l'infini.* — La sphère présentera un point brillant unique obtenu comme il suit : on mène (fig. 112) le rayon lumineux central RO, le rayon visuel central OV, et l'on construit la bissectrice ON de leur angle. Soit N le point où cette bissectrice vient percer la sphère. Il est évident sur la figure qu'un rayon incident, tel que R′N, sera réfléchi suivant NV′ parallèle à OV, c'est-à-dire dans la direction de l'œil. Le point N sera le *point brillant* de la sphère polie. Ce point seul sera bril-

lant. Tous les autres seront obscurs et l'existence de la sphère ne se révélera que par ce point brillant.

Ce tracé qui donne le point brillant est connu sous le nom de *Tracé par la bissectrice.*

Fig. 112



(*b*) *La sphère polie est éclairée par des rayons parallèles venant dans toutes les directions. Le spectateur est à l'infini.* — C'est le cas d'une sphère éclairée par la lumière solaire directe et par toutes les lumières indirectes venant de divers points du ciel.

Chaque direction de rayons donnera son point brillant obtenu, comme ci-dessus, par la méthode de la bissectrice. Comme ces directions sont en nombre infini, il y aura une infinité de ces points brillants répartis sur toute la surface de la sphère; seulement ils n'auront pas le même éclat. Pour avoir des lignes d'égales teintes, si nous admettons, ce qui n'est pas tout à fait exact, que la variation de l'angle d'incidence ne modifie pas l'éclat des rayons réfléchis, il faudra:

1° Classer les rayons indirects, d'après leur différence d'éclat. (Ce classement, d'ailleurs un peu hypothétique, a été indiqué au n° 67.)

2° Grouper les rayons d'égale intensité. Ils formeront, ainsi que nous l'avons dit au n° 67, une série de cônes de révolution ayant tous pour axe le rayon solaire direct;

3° Chercher sur la sphère le lieu des points brillants des rayons d'égale intensité. Pour une série de rayons d'égale intensité, les points brillants auront le même éclat et leur ensemble formera un lieu géométrique qui sera une ligne d'égale teinte.

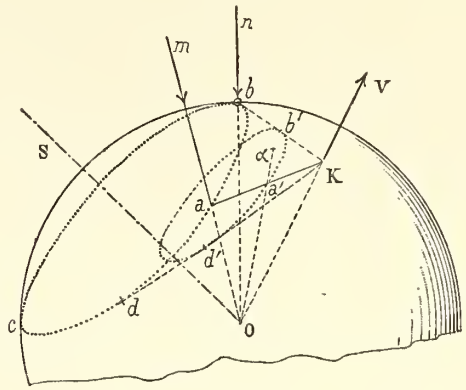
Nous allons chercher les lieux de points brillants d'égale intensité ainsi définis et cela nous donnera les lignes d'égales teintes sur la sphère polie.

88. Lignes d'égales teintes sur une sphère parfaitement polie.

(*a*) *Recherche théorique des lignes d'égales teintes.* — Soit SO, figure **113**, le rayon direct, et considérons en *ma*, *nb*, etc., une série de rayons indirects d'égale intensité et disposés, ainsi que nous venons de le dire, suivant les génératrices d'un cône de révolution, dont l'axe SO serait le rayon central direct.

Les points d'incidence, *a*, *b*, se trouvent sur un cercle *bac* de la sphère, puisque les rayons d'égale intensité forment un cône de révolution. Le plan *bacd* de ce petit cercle est perpendiculaire au rayon central SO.

Fig. 113



Soit OV le rayon visuel et soit K son point de sortie de la sphère.

Cherchons, par exemple, le point brillant de la direction *ma*. A cet effet, menons la bissectrice O*a'* de l'angle *a*OV. Le triangle *a*OK est isocèle, puisque O*a* et OK sont deux lignes égales comme rayons d'une même sphère. Le point *a'*, pied de la bissectrice, est donc le milieu de la droite K*a* qui est la base de ce triangle isocèle.

Si l'on prolonge O*a'* jusqu'en α, point de rencontre avec la sphère, α sera le point brillant de la direction *ma*O.

Or, je dis que le lieu des points *a'*, *b'*, ... est un cercle; en effet, les droites telles que K*a*, K*b*, K*d*, ... forment un cône oblique dont la base est le cercle *badc* et dont le sommet est le point K. On a en *a'*, *b'*, *d'*, ... les milieux des génératrices; donc les points *a'*, *b'*, *c'* sont sur un cercle parallèle au cercle de base et de rayon moitié de celui de ce cercle de base.

Pour avoir les points brillants, tels que α, on joint O*a'* et on prolonge jusqu'à la sphère en α. Mais les droites telles que O*a'*, O*b'*, ... formeront un nouveau cône, oblique, dont le cercle *a'b'c'*... sera la base et O le sommet; donc le lieu des points brillants α sera l'intersection de la sphère et du cône oblique ayant le cercle *a'b'c'* pour directrice et le centre O pour sommet.

(*b*) *Epure* (fig. **114**). — Par une rotation identique à celle que nous avons faite pour la sphère dépolie, n° 81, le rayon lumineux est supposé rendu parallèle au plan vertical et projeté à l'angle φ sur le plan vertical.

Soit OS, O'S' le rayon direct. Prenons une série de rayons indirects d'égale intensité. Ils formeront un cône ayant OS pour axe. La ligne des points d'incidence sera le cercle *ut*, projeté verticalement en ligne droite et perpendiculairement au rayon direct. Ce cercle peut être considéré comme l'in-

tersection de la sphère et du plan perpendiculaire au plan vertical qui aurait ut pour trace verticale.

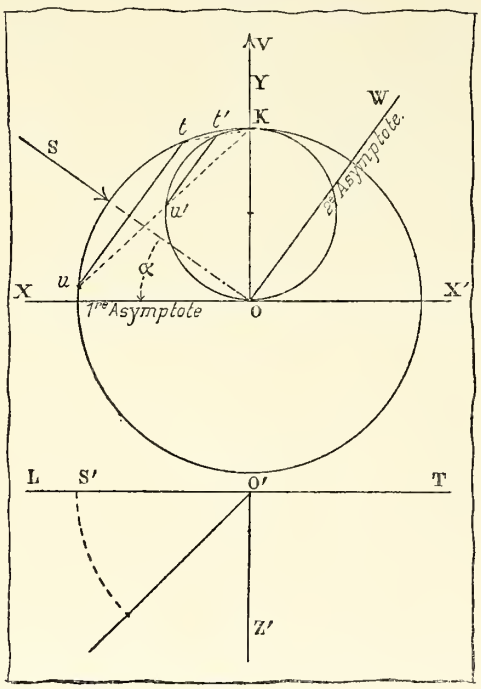
K est le point de sortie du rayon visuel OV.

Joignons tK, uK, et prenons les milieux t', u', ... de ces lignes ; nous aurons en $t'u'$ la projection verticale du cercle parallèle au premier, et de rayon moitié, qu'il faut prendre pour directrice d'un cône ayant son sommet au point O.

Si nous décrivions une sphère ayant OK pour diamètre, et ayant, par suite, un rayon moitié de celui de la sphère donnée, ce cercle $u't'$ pourrait être considéré comme l'intersection de cette sphère par un plan $t'u'$ parallèle au premier plan tu.

Nous aurons donc les lignes de teintes en prenant la petite

Fig. 114

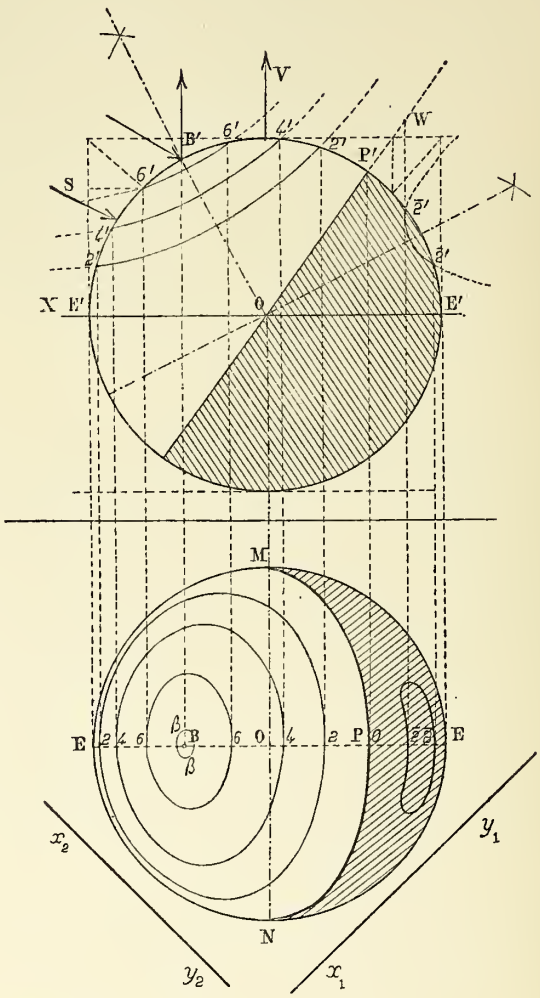


sphère OK ; la coupant par des plans perpendiculaires au rayon lumineux ; prenant les cercles ainsi formés pour bases de cônes ayant, chacun, leur sommet au centre de la sphère et cherchant les intersections de ces cônes avec la sphère primitive.

Le plan vertical étant parallèle à un plan de symétrie commun à la sphère et aux cônes, on sait que les courbes d'intersection, en projection verticale, seront des coniques (ellipse, hyperbole ou parabole ; voir Géométrie descriptive).

On démontre, par la géométrie analytique (1), que toutes les lignes d'égales teintes, dans cette hypothèse, se projet-

Fig. 115



ou en simplifiant :

(2) $$x^2 + y^2 - Ry + z^2 = 0.$$

Un plan perpendiculaire au rayon lumineux aura pour équation :

(3) $$y = -\frac{1}{\alpha}x + \beta, \quad \beta \text{ étant indéterminé.}$$

Les équations (2) et (3) définissent la directrice du petit cône oblique.

Le cône ayant son sommet à l'origine, les équations d'une de ses génératrices sont :

(4) $$\left\{ \begin{array}{l} y = mz. \\ x = nz. \end{array} \right.$$
(5)

On exprimera que cette droite rencontre la directrice ; on éliminera pour cela x, y, z entre les équations (2), (3), (4) et (5). On obtiendra l'équation de condition :

(6) $$Rm(n + \alpha m) = \alpha\beta(n^2 + m^2 + 1).$$

Remplaçant m et n par leurs valeurs tirées de (4) et (5), on aura l'équation du cône :

(7) $$Rxy + R\alpha y^2 = \alpha\beta(x^2 + y^2 + z^2).$$

L'équation de la courbe d'intersection du cône et de la sphère, en projection verticale, s'obtiendra en éliminant z entre les équations (1) et (7) et l'on aura l'équation :

(8) $y(x + \alpha y) = \alpha\beta R$: Telle est l'équation du lieu en projection verticale : Cette équation représente une hyperbole dont les asymptotes sont les droites

$$y = 0 \quad \text{et} \quad x + \alpha y = 0.$$

L'une, $y = 0$, représente l'axe OX ; c'est donc la projection verticale de l'équateur de la sphère ; l'autre, $x + \alpha y = 0$, peut s'écrire $y = -\frac{1}{\alpha}x$; elle représente une droite OW, passant par l'origine et perpendiculaire au rayon lumineux OS ; c'est donc la projection verticale de la séparatrice d'ombre propre de la sphère.

(1) A cet effet, prenons pour plan des xy le méridien de front de la sphère ; le centre O pour centre des coordonnées, et l'axe des x parallèle à la ligne de terre. — L'axe des Z sera pris perpendiculaire au plan vertical.

Soit $y = \alpha x$ l'équation du rayon lumineux en projection verticale.

(1) $x^2 + y^2 + z^2 = R^2$ sera l'équation de la grande sphère.

La petite sphère aura pour équation :

$$x^2 + \left(y - \frac{R}{2}\right)^2 + z^2 = \frac{R^2}{4}$$

tent verticalement suivant des hyperboles ayant toutes les mêmes asymptotes, OX, OW (fig. 114 et 115). — L'une des asymptotes OX est l'équateur de la sphère, l'autre OW est la séparatrice en projection verticale.

La connaissance d'un point seulement de chacune de ces hyperboles suffira donc pour la tracer complètement par points. On en déduira ensuite les courbes, en projection horizontale, par les procédés ordinaires de la géométrie descriptive.

L'épure une fois faite en projection horizontale (fig. 115), en prenant la ligne à 45° x_1y_1 pour la ligne de terre, la sphère se présentera dans la position ordinaire d'une élévation, en prenant x_2y_2 on la verra en plan.

(*c*) *Remarques.* — 1° La bissectrice O'B' des asymptotes, c'est-à-dire l'axe de toutes les hyperboles, est aussi la bissectrice de l'angle SOV ; son point de sortie B', sur la sphère donne donc le point brillant du soleil. Sa projection horizontale est B. C'est le point tout à fait brillant de la sphère pour un spectateur qui regarderait la projection horizontale.

2° Dans la nature, comme le soleil n'apparaît pas suivant un point, mais suivant un disque de faible diamètre apparent, au lieu d'un point brillant B, nous aurons une petite courbe brillante β, β...

3° Aucune des lignes de teintes, telles que 2, 2-4, 4, etc... en projection horizontale, ne touche le contour apparent ; la sphère paraîtra donc aussi sombre aux environs de son contour apparent MEN qu'à ceux de sa séparatrice d'ombre et de lumière MPN. Cet effet est exact et facile à observer sur un objet métallique et brillant. En règle générale, sur les corps polis, les contours apparents sont sombres ; les zones brillantes ont des dimensions restreintes ; elles sont très claires par rapport aux zones qui les entourent, et placées toujours assez loin des contours apparents, et, par conséquent, assez près du centre.

(*d*) *Nota.* — On ne s'étendra pas davantage sur l'étude d'une sphère polie placée dans les conditions précédentes, conditions tout à fait en dehors de celles qui se présentent ordinairement.

Nous avons admis, en effet, pour arriver aux résultats qui précèdent :

1° Que l'incidence ne modifiait pas l'éclat du rayon réfléchi (ce qui n'est pas exact) ;

2° Que la sphère était isolée au milieu de l'atmosphère, placée très loin de la terre et ne subissait, par conséquent, que les reflets du ciel ;

3° Que l'intensité des rayons émis par les diverses parties du ciel était conforme à la loi de distribution symétrique donnée au n° 67.

Or les nuages modifieront à chaque instant cette loi et, de plus, les objets qui entourent le corps poli viendront se réfléchir à sa surface et y former image.

Lorsque l'on voudra, dans un dessin, rendre l'aspect d'un corps parfaitement poli, on devra figurer à sa surface les images des objets environnants. La géométrie donnerait bien le moyen de trouver ces images brillantes, mais les épures seraient fort compliquées et il serait oiseux, pour un cas si rare dans la pratique, de faire une pareille étude. Il sera préférable, si le cas se présente, d'agir comme font les peintres, c'est-à-dire de faire poser le modèle et de le copier comme on le voit. On remarquera seulement que la ligne d'ombre propre est encore, dans ce cas, une ligne d'égale teinte. On trace donc l'ombre propre, de la même manière, sur les surfaces polies ou dépolies, et sur toutes les surfaces, sans exception, la ligne d'ombre propre sera une ligne d'égale teinte.

§ III. — Sphère type, mi-polie

89. Conventions pour les corps mi-polis. — Les corps mi-polis participent, comme propriétés, à la fois des corps polis et des corps dépolis.

Les lumières intenses s'y réfléchissent plus qu'elles ne s'y diffusent, et les lumières faibles font le contraire.

Une lumière intense donnera donc lieu sur leur surface à une image brillante, comme s'ils étaient polis. Nous chercherons ce point brillant comme nous l'avons fait ci-dessus, c'est-à-dire par la méthode de la bissectrice de l'angle du rayon lumineux central et du rayon visuel central.

Nous tracerons l'ombre propre comme à l'ordinaire, par les rayons lumineux tangents, et nous adopterons, comme lignes de teintes, une série de courbes passant graduellement du point brillant à la ligne d'ombre propre. Forcément ces courbes seront de convention.

90. Epure des lignes de teintes sur une sphère mi-polie. — Nous avons adopté la construction conventionnelle suivante, s'appliquant à un observateur qui regarderait la projection horizontale.

OO' est le centre de la phère. Comme dans les épures précédentes, le rayon lumineux a été rendu, par une rotation, parallèle au plan vertical et projeté à l'angle φ sur la projection verticale.

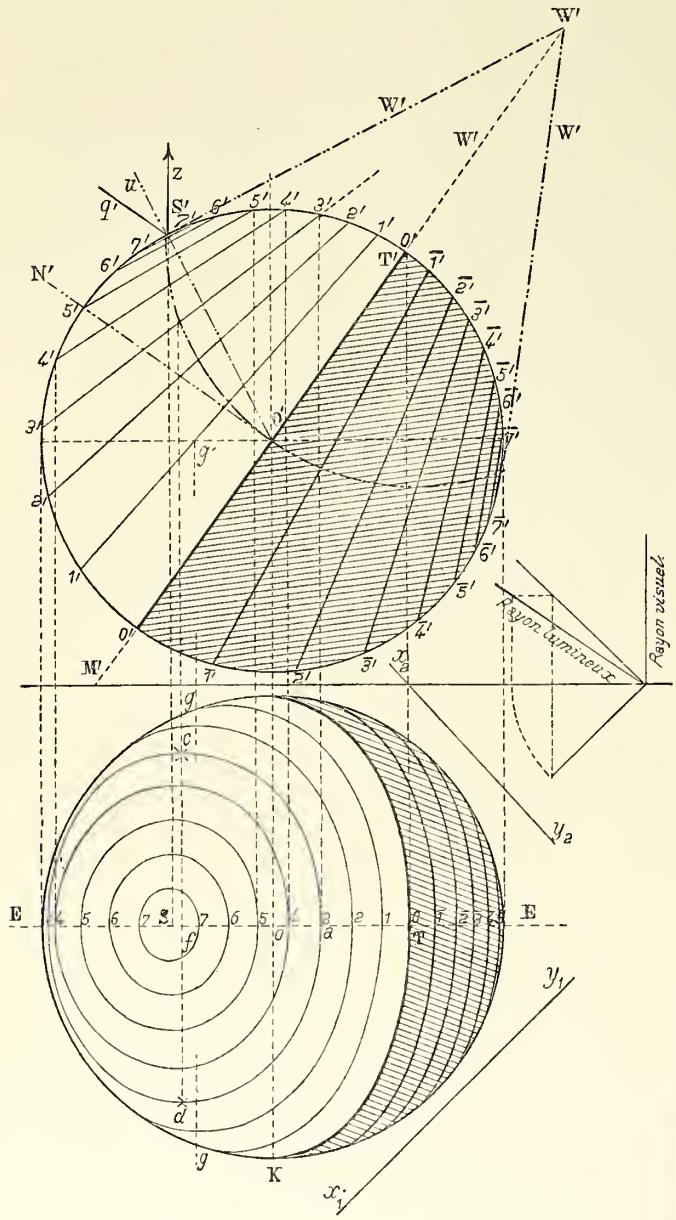
(*a*) *Point brillant.* — Le point brillant sera situé sur le méridien de front EE.

Le rayon visuel est perpendiculaire au plan horizontal. On a donc mené (Elévation) le rayon lumineux N'O' qui passerait par le centre. La bissectrice O'S' a donné en S' le point brillant, projeté horizontalement en S. (Voir le même tracé n° 88.)

(*b*) *Ombre.* — L'ombre propre est déterminée par le grand cercle M'T' (Elévation) perpendiculaire au rayon lumineux. — En plan elle nous donne l'ellipse connue KT.

(*c*) *Lignes de teintes.* — Pour simplifier, on s'est imposé de prendre pour lignes de teintes des courbes planes ; mais

Fig. 116



c'est par pure convention, on ne saurait trop le faire remarquer.

Or, quel serait le plan qui donnerait comme courbe plane, infiniment petite, le point brillant S' ?

Ce serait le plan tangent S'W.

On a donc été conduit à mener le plan tangent S'W', au point brillant. On a pris ensuite son intersection avec le plan d'ombre propre M'T'W'. Cette intersection est une droite perpendiculaire au plan vertical et projetée, tout entière, au point W'. Dès lors, il était tout naturel, voulant des courbes planes, de prendre pour lignes de teintes, les sections faites par des plans, non plus parallèles comme dans le cas de la sphère polie, mais passant tous par la ligne W' perpendiculaire au plan vertical.

On voit en 1'1' — 2'2'.....7'7', sur l'élévation, ces courbes planes ; elles sont toutes projetées suivant des lignes droites.

Comme pour la sphère dépolie, on a pris sept plans, divisant la portion éclairée de la sphère en 8 zones.

A cet effet, l'arc T'S', compris entre la séparatrice et le point brillant, a été partagé en 8 parties égales. Ces lignes ont été affectées des nombres positifs (plus 1, plus 2, etc...).

On a prolongé le même tracé dans l'ombre propre et les lignes ont été affectées des nombres négatifs (moins 1, moins 2, etc...).

De la projection verticale on déduit facilement les ellipses, projections horizontales des cercles de teintes. Les points importants à déterminer pour ces ellipses sont les extrémités telles que *c* et *d*, 3 et 3 des axes et les points tels que *g*, *g*... où elles se perdent tangentiellement dans l'équateur, qui est le contour apparent horizontal.

(*d*) *Remarques.* — 1° On voit que cette division de l'arc en 8 parties égales est tout à fait conventionnelle. On pourrait adopter toute autre loi de division.

2° Le point central O, de la sphère mi-polie est, grâce au nombre de lignes de teintes que nous avons adoptées, compris entre les lignes + 4 et + 5 ; exactement comme pour la sphère dépolie.

Pour chacune de ces deux sphères, la zone d'éclairage à saturation, ou zone α, laquelle répond à la teinte locale de couleur, sera donc la zone 4 — 5.

3° Sur la sphère mi-polie, dans la partie éclairée, les lignes positives 1 et 2, se perdent dans le contour apparent. Au contraire, la ligne 3 et les suivantes 4, 5, 6 et 7 ne le rencontrent pas. Sur la sphère dépolie (fig. 108) la ligne 7 était la première qui ne rencontrait pas le contour apparent.

4° En résumé, dans une sphère polie ou mi-polie, le point brillant est beaucoup plus éloigné du contour apparent que dans une sphère dépolie. Le contour apparent est plus sombre sur la sphère mi-polie que sur la sphère dépolie.

§ IV. — Échelles de teintes (1)

91. Usage des sphères types. — Ayant tracé les lignes de teintes sur une sphère type, polie ou mi-polie, il sera facile d'en déduire les lignes de teintes sur des cylindres ou sur des cônes de révolution placés dans des positions quelconques.

Il suffira pour cela : 1° de circonscrire à la sphère le cylindre ou le cône, 2° de déterminer la ligne de contact, 3° de prendre les points de rencontre de cette ligne avec les courbes de teintes et 4° de faire passer par ces points les génératrices des cônes ou des cylindres dont on veut faire le lavis. On obtiendrait ainsi des divisions qui s'appliqueraient ensuite, soit en les amplifiant, soit en les réduisant, à des cylindres ou à des cônes de révolution de dimensions quelconques, pourvu que ces surfaces occupent, par rapport aux rayons lumineux et aux rayons visuels, des positions identiques à celles qu'occupaient sur la sphère type les surfaces qui lui ont été circonscrites.

Or cette amplification (ou cette réduction) proportionnelle serait longue à faire dans chaque cas particulier; c'est pourquoi il est préférable de construire, une fois pour toutes, des subdivisions que nous nommerons des *Echelles de teintes*, auxquelles on se rapportera chaque fois.

92. Echelles de teintes les plus usuelles. (Voir les échelles aux pages suivantes, fig. 117 à 122.) — Ces échelles pourraient être en nombre infini puisque, d'une part, un cylindre peut occuper toutes sortes de positions autour d'une sphère et que, d'autre part, un cône peut avoir un angle au sommet quelconque et occuper, lui aussi, une position quelconque.

Fig 123 (Cylindre M, en saillie)

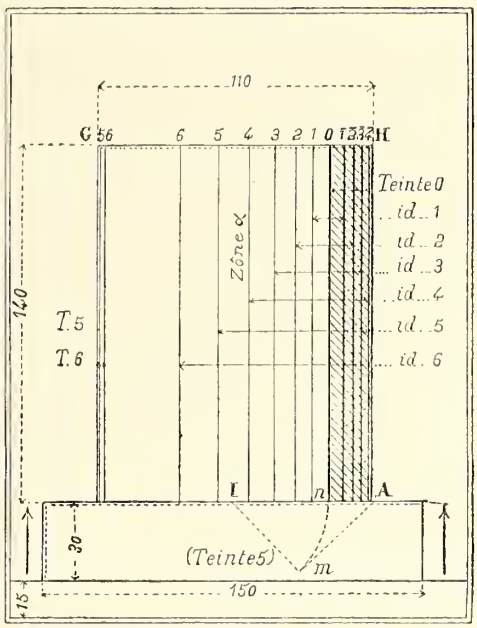
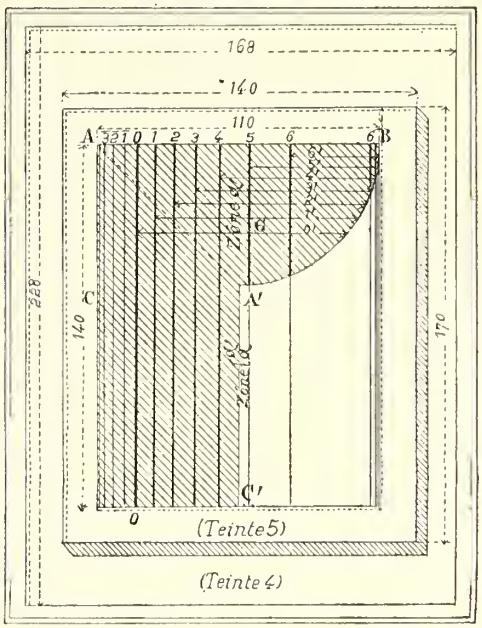


Fig. 124 (Cylindre N, en creux)



L'expérience a montré que trois échelles suffisent, à la rigueur, à toute personne ayant quelque habitude du dessin, non seulement pour *ombrer*, mais encore pour *modeler* les surfaces les plus compliquées qui se rencontrent dans le dessin d'architecture et dans le dessin de machines.

Ces échelles sont données à la page suivante, savoir : les échelles A, B et C pour les corps dépolis (dessin d'architecture) et les échelles A′, B′ et C′, pour les corps mi-polis (dessin de machines). Elles s'appliquent aux cylindres de révolution dans les trois positions principales qu'indiquent les figures marquées en trait plein sur les croquis qui accompagnent chaque échelle. On se sert de ces échelles de la manière suivante.

Soit à ombrer et à graduer un cylindre dépoli dans la position répondant à l'échelle A′ (cylindre mi-poli, parallèle aux arêtes du cube). Supposons que son diamètre soit égal à 80$^{m}/^{m}$.

1° Sur une bande de papier on prendra la largeur du diamètre; 2° on inscrira la bande de papier dans l'échelle, de telle sorte qu'une de ses extrémités (échelle A′) étant en A à l'origine, l'autre vienne sur la ligne extérieure de l'échelle; 3° on marquera tous les points et on les numérotera en

(1) Voir les échelles de teintes aux pages suivantes, 66 et 67.

ÉCHELLES DE TEINTES. — CORPS DÉPOLIS

Figure 117
CYLINDRE VERTICAL

1° Le point n° 0 d'ombre propre est sensiblement aux 7/10 du rayon (1) à partir de l'axe ou aux 3/10 à partir du contour apparent.

2° La première division $\overline{0, 1}$, est à peu près les 2/5 de la distance OM (largeur de l'ombre).

3° L'axe α est situé entre les points 4 et 5, un peu plus près de 5 que de 4.

4° Du côté du contour A on trouve les n°s 6 près de A et 5 presque confondu avec A.

5° Les écartements $\overline{0, 1} - \overline{1, 2} - \overline{2, 3}$, etc..., vont en augmentant progressivement.

6° La zone claire 6, 6 a une largeur à peu près égale au double de la largeur de l'ombre.

(1) Exactement à $\frac{\sqrt{2}}{2}$.

Figure 118
CYLINDRE A 45°, EN LUMIÈRE

1° Le point n° 0 d'ombre propre est sensiblement aux 6/10 du rayon (1) à partir de l'axe ou aux 4/10 à partir du contour apparent.

2° La première division 0, 1, est à peu près le 1/3 de la distance OM.

3° L'axe α est situé entre les points 4 et 5, un peu plus près de 5 que de 4.

4° Du côté du contour A on trouve le n° 7 presque confondu avec lui. Il n'y a, de ce côté, ni 6, ni 5.

5° Les écartements $\overline{0, 1} - \overline{1, 2} - \overline{2, 3}$... vont en augmentant progressivement.

6° La zone claire 7, 7 a une largeur plus grande que celle de l'ombre, 1/3 en plus environ.

(1) Exactement à $\frac{\sqrt{3}}{3}$.

Figure 119
CYLINDRE A 45°, EN DEMI-TEINTE

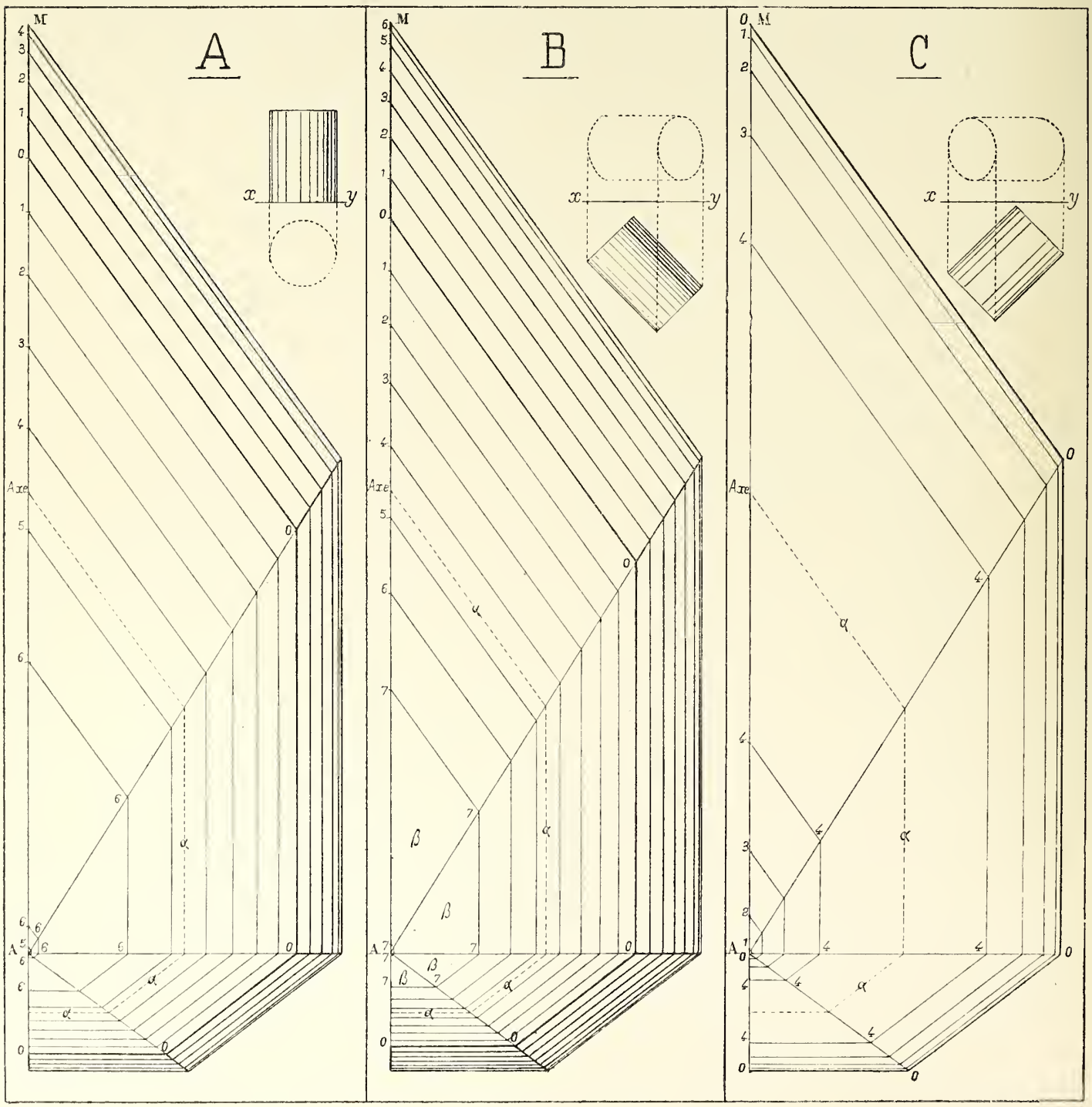
1° Les points n° 0 d'ombre propre sont confondus avec les extrémités du diamètre. Les lignes d'ombre propre sont donc les lignes de contour apparent.

2° L'axe α est situé entre les deux points 4, 4, et à égale distance de chacun d'eux.

La zone 4, 4, ou zone α, est la plus claire sur ce cylindre.

3° La largeur de la zone 4, 4, est un peu plus grande que le rayon (1/15 en plus environ).

4° Les divisions sont exactement symétriques par rapport à l'axe.



ÉCHELLES DE TEINTES. — CORPS MI-POLIS

Figure 120

CYLINDRE VERTICAL

1° Le point n° 0 d'ombre propre est sensiblement aux 7/10 du rayon (1) à partir de l'axe, ou aux 3/10 à partir du contour apparent.

2° L'axe α est situé entre les points 4 et 5, un peu plus près de 4 que de 5.

3° Du côté négatif les numéros s'arrêtent à $\overline{3}$. Du côté positif ils s'arrêtent à $+3$.

4° La zone la plus claire est située entre les n°s 5 et 5. Sa largeur est un peu moindre que le double de la largeur de l'ombre propre.

(1) Exactement à $\frac{\sqrt{2}}{2}$.

Figure 121

CYLINDRE à 45°, EN LUMIÈRE

1° Le point n° 0 d'ombre propre est sensiblement aux 6/10 du rayon (1) à partir de l'axe ou aux 4/10 à partir du contour apparent.

2° L'axe α est situé entre les points 4 et 5, un peu plus près de 4 que de 5.

3° Du côté négatif les numéros s'arrêtent à $\overline{6}$. Du côté positif ils s'arrêtent à $+3$.

4° La zone la plus claire est comprise entre les numéros les plus élevés 7 et 7 ; elle sera donc très claire. Sa largeur est un peu plus grande que la moitié de la largeur de l'ombre propre.

(1) Exactement à $\frac{\sqrt{3}}{3}$.

Figure 122

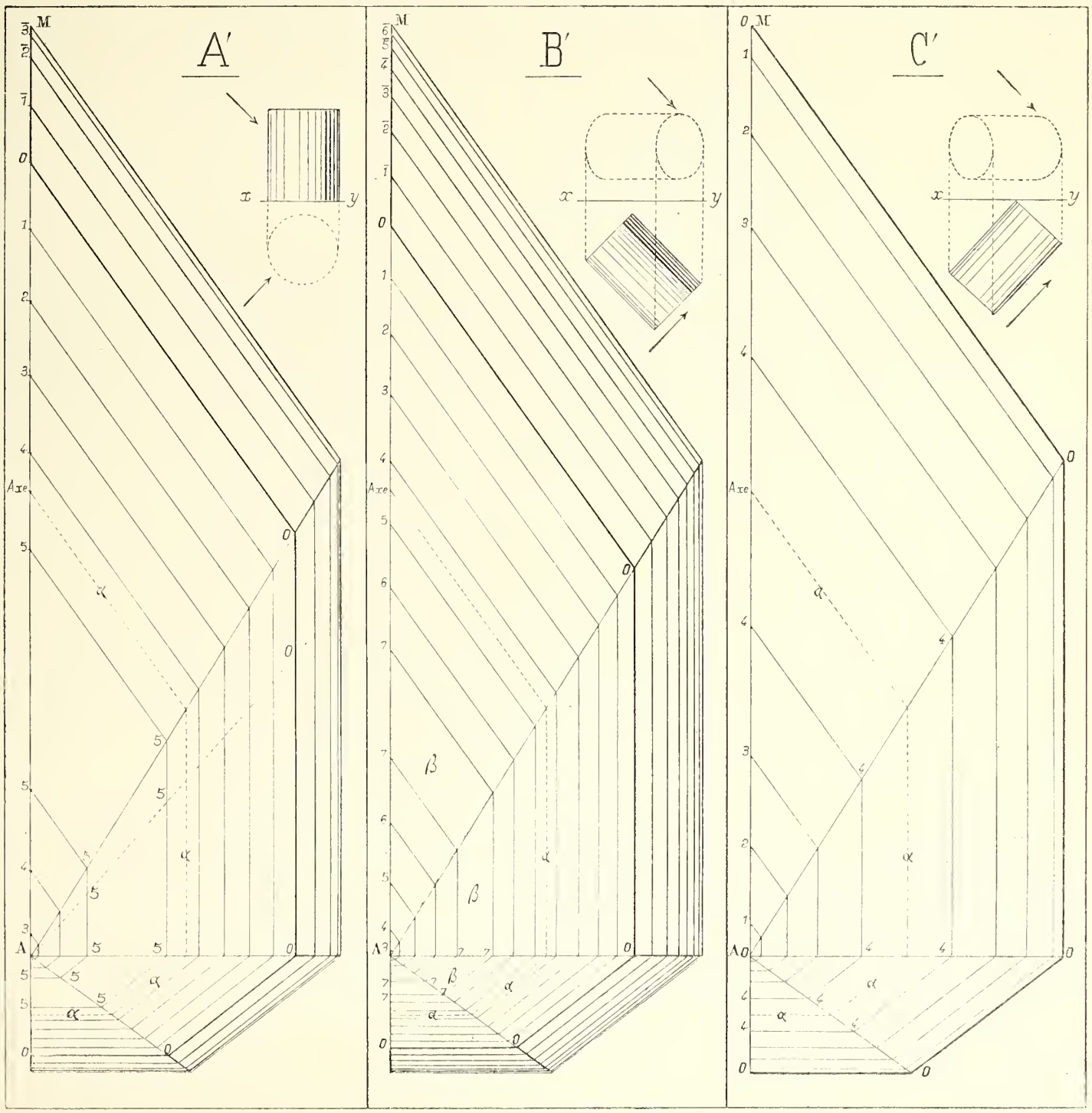
CYLINDRE A 45°, EN DEMI-TEINTE

1° Les points n° 0 d'ombre propre sont confondus avec les extrémités du diamètre ; les lignes d'ombre propre sont donc les lignes de contour apparent.

2° L'axe α est situé entre les deux points 4 et 4 et à égale distance de chacun d'eux. La zone 4, 4 est la plus claire.

3° La largeur de la zone 4, 4, est environ les 2/7 du diamètre.

4° Les divisions sont exactement symétriques par rapport à l'axe.



ayant soin de toujours marquer un peu plus fort le point zéro, qui répond à la séparatrice; 4° on reportera ensuite la division sur la base du cylindre et 5° par les points ainsi obtenus on tracera au crayon, très légèrement, les génératrices du cylindre, ce qui donnera les lignes de teintes.

Nota. — Dans ce tracé préparatoire des lignes de teintes au crayon, on dessinera d'un trait presque invisible celles qui répondent à des zones éclairées telles que 7, 6, 5..... On marquera d'un trait plus soutenu celles qui sont dans l'ombre propre, telles que les lignes $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$.....

Enfin, si une ligne claire, c'est-à-dire positive, telle que 7 ou 6, pénètre dans une ombre portée, on fera bien, sur la partie dans l'ombre, de la dessiner d'un trait assez vigoureux.

Ces différences dans l'intensité des traits de crayon concorderont plus tard, lorsqu'on fera le lavis, avec les différences dans les intensités des teintes et produiront déjà un certain effet de modelé; cela aura pour double avantage, d'abord, d'avertir de l'effet à produire plus tard avec le pinceau et, ensuite, de faire que les traits de crayon tracés dans les zones obscures ne se perdront pas de vue tant que le lavis ne sera pas terminé.

On voit ces différences de traits observées sur les figures 122, 123 et 124 et sur toutes celles qui suivent.

Lorsque l'on a gradué un certain nombre de cylindres dans les trois positions simples répondant aux échelles A, B et C ou A′, B′ et C′, on arrive à connaître assez bien, de mémoire, les distances relatives des lignes de teintes. Cela est important, car il serait absurde de ne savoir exécuter un lavis qu'à la condition que l'on ait à sa disposition les échelles de teintes.

C'est pourquoi on fera bien de lire et de retenir les légendes sommaires qui accompagnent chaque échelle. (Voir aux deux pages précédentes.)

93. **Application des échelles aux surfaces en creux.** — Prenons, figures 122 et 123, deux demi-cylindres verticaux, de même diamètre : L'un M est en saillie, l'autre N est en creux. On voit facilement que, à toutes les zones du premier, répondront des zones de même orientation sur le second; seulement, tandis que sur le cylindre plein M la ligne zéro, d'ombre propre, est à droite, sur le cylindre creux N, elle est à gauche.

La même échelle de teinte A servira donc, mais *en la renversant*, c'est-à-dire en mettant à droite sur le cylindre creux les numéros mis à gauche sur le cylindre plein et inversement.

Il résulte de là ce principe important :

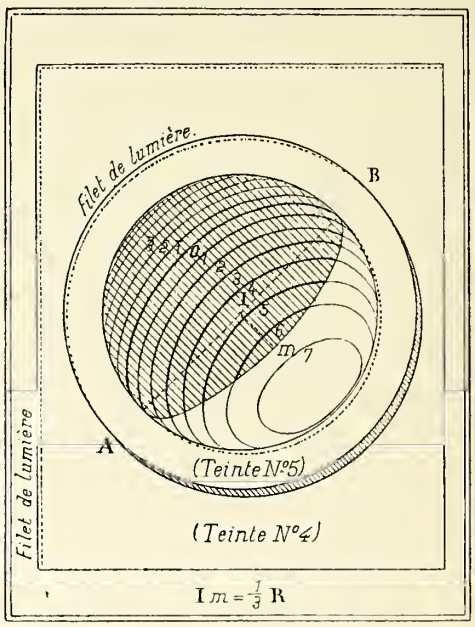
Les lignes de teintes sur les surfaces en creux sont les mêmes que sur les surfaces en saillie dont elles pourraient constituer le moule, mais elles sont renversées dans tous les sens.

On voit, figure 125, l'application de ce principe au lavis d'une sphère en creux.

Dans les surfaces creuses il y a toujours une ombre portée, et la ligne zéro est une ligne d'ombre propre *virtuelle* et non plus *réelle* comme dans les surfaces en saillie; mais elle n'en reste pas moins une ligne d'égale teinte.

Les zones négatives $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$..... seront recouvertes exactement des mêmes teintes, aussi bien sur le cylindre saillant M que sur le cylindre creux N; il n'y aura donc aucune différence dans l'effet des zones négatives. Les zones positives 1, 2, 3..... donneront aussi les mêmes aspects sur les

Fig. 125



deux surfaces, pourvu qu'elles soient dans la lumière. Mais, au contraire, si elles sont les unes (en tout ou en partie) dans l'ombre (cylindre N), les autres dans la lumière (cylindre M), alors le principe des *ombres portées* s'appliquera.

Nous montrerons plus loin comment les échelles permettent de tracer les lignes de teintes sur les sphères, sur les tores simples ou composés, et, plus généralement, sur la plupart des surfaces qui se rencontrent en dessin géométrique.

§ V. — Pratique du lavis

94 (A) **Des teintes. — Transparence et intensité d'une teinte.**

(*a*) *Définition.* — Une teinte d'encre de Chine ou de couleur, appliquée sur le papier, agit comme un verre coloré ou teinté qui ne laisse passer qu'une fraction de la lumière qui est distribuée à ce papier et qui nous est ensuite renvoyée par lui.

Nous appellerons *transparence* d'une teinte, la fraction de la lumière que laisse passer cette teinte.

L'*intensité* serait la fraction de lumière arrêtée par la teinte.

Si on représente par T la transparence et par I l'intensité, puisque l'intensité I est ce qui manque à la transparence T, pour donner la totalité du blanc, on a : $I + T = 1$. Ainsi une teinte qui a pour transparence 1/3 a pour intensité 2/3.

(*b*) *Problème* 1. — Quelle est la transparence finale T'' de deux teintes superposées de transparence T et T' ?

On aura $T'' = T \times T'$.

En effet, supposons que la première teinte ait une transparence 1/2 ; cela veut dire qu'elle laisse passer 1/2 de la lumière blanche émise sur le papier. Si la seconde a pour transparence 3/4, cela veut dire qu'elle ne laisse passer que les trois quarts de ce qu'elle reçoit, et comme elle recevait 1/2 elle laisse passer finalement les 3/4 de 1/2, c'est-à-dire $3/4 \times 1/2 = 3/8$ du blanc du papier. Sa transparence T'' est donc égale à $T \times T'$. C. Q. F. D.

(*c*) *Conséquences.* — 1° Si l'on prend une série de teintes égales superposées, tandis que le nombre des teintes croîtra en progression arithmétique, la transparence finale décroîtra en progression géométrique. 2° Si l'on passe une même teinte sur deux autres teintes inégales, l'assombrissement relatif le plus considérable sera produit sur la teinte la plus faible.

(*d*) *Problème* 2. — Réaliser au lavis à l'encre de Chine une teinte de transparence connue, 2/3 par exemple.

Fig. 125 bis

Avec un tire-ligne rempli d'encre, absolument noire, on tracera une série de traits parallèles et équidistants (fig. 125 bis). Ces traits auront une épaisseur constante, 1/2 millimètre par exemple, et les blancs compris entre eux auront un millimètre. Vue de loin, une feuille de papier ainsi réglée paraîtra teintée. La surface des blancs sera les 2/3 de la surface totale, et par suite on peut admettre, en ne tenant pas compte des effets d'irradiation énoncés plus haut, que la transparence de la teinte, ainsi figurée, sera 2/3. Il sera facile ensuite de mélanger d'eau une teinte d'encre de Chine de telle sorte que la teinte qu'elle fournira au pinceau soit équivalente à celle que nous venons de créer au tire-ligne.

Nota. — Pour bien juger des teintes il faut attendre qu'elles soient sèches. Quand elles sont humides elles paraissent toujours plus intenses qu'elles ne paraîtront, une fois sèche.

(B) **Classification des teintes dans un lavis à teintes plates.** — Nous diviserons les teintes en quatre séries (suivre en regardant la sphère type, fig. 116, ou le cylindre, fig. 123 et 124) :

1° *La teinte d'ébauche* (teinte n° 0). C'est une teinte d'encre de Chine de transparence 2/3 environ, que l'on place sur toutes les surfaces qui sont dans l'ombre propre ou dans l'ombre portée, sans distinction.

2° *Les teintes d'ombre propre* et les *demi-teintes* au nombre de quatre (teintes 1, 2, 3 et 4). Ce sont encore des teintes d'encre de Chine, ou de la teinte d'ombre colorée remplaçant l'encre de Chine.

La teinte n° 1 s'obtient en additionnant de 1/6, environ d'eau pure la teinte 0, et se passe entre les lignes $+1$ et $\overline{1}$.

La teinte n° 2 se passe entre $+2$ et $\overline{2}$. On l'obtient en additionnant encore la teinte 1 avec de l'eau et ainsi de suite.

3° *Les teintes de couleurs* au nombre de trois (teintes 5, 6 et 7).

Elles sont diversement composées (voir teintes conventionnelles), suivant la nature de l'objet et vont en augmentant de transparence. On les passe entre $+5$ et $\overline{5}$, entre $+6$ et $\overline{6}$, entre $+7$, et $\overline{7}$. Et souvent même on passera une teinte n° 8 excessivement légère sur tout le dessin.

4° *Teintes d'ombres portées* (Teintes n°s 0′, 1′, 2′, 3′, 4′, etc.,.... 7′). — Nous en parlerons plus loin.

(C) **Conseils pratiques pour l'éclaircissement des teintes.** — Pratiquement, on opérera ainsi : Avec le gros pinceau, servant de jauge, et bien rempli, on mesurera dans le godet six forts pinceaux d'eau pure. Dans cette eau on délayera l'encre de Chine de manière à donner naissance à une teinte $t = 2/3$ environ. Ce sera la teinte d'ébauche n° 0 que l'on passera comme nous venons de dire. Cela fait,

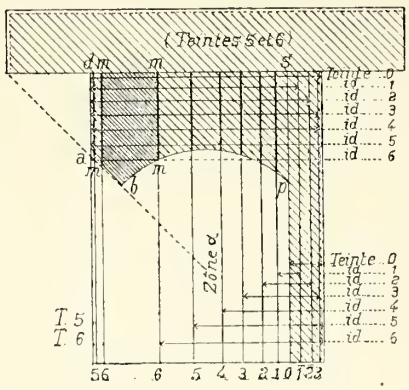
on y ajoutera *un* pinceau d'eau, ce qui donnera la teinte n° 1 passée des lignes + 1 à $\bar{1}$. On ajoutera à cette teinte n° 1 *deux* pinceaux d'eau, ce qui donnera la teinte 2, passée de + 2 à $\bar{2}$. On ajoutera *trois* pinceaux d'eau, ce qui donnera la teinte n° 3 ; on la passera de + 3 à $\bar{3}$, et ainsi de suite.

95. **Lavis à teintes plates.** — Lorsqu'une surface présente des parties dans la lumière et d'autres dans l'ombre portée, nous savons que les lignes de teintes se prolongent dans l'ombre portée ; mais nous savons aussi que les zones qu'elles séparent doivent être *d'autant plus foncées* qu'elles eussent été *plus claires* sans l'existence de l'ombre portée.

Pour réaliser cet effet, on opère de la manière suivante :

(*a*) *Lavis des ombres propres et des demi-teintes.* — Soit un cylindre surmonté d'un tailloir portant ombre suivant la ligne *abp* (fig. 126).

Fig. 126



On trace au crayon la ligne d'ombre propre n° 0 et les lignes de teintes 1, 2, 3,... $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$. Il faut avoir soin, ainsi que nous l'avons dit et comme cela est visible sur le croquis ci-joint, d'indiquer très légèrement ces lignes au crayon dans toute la partie éclairée, de les marquer un peu plus dans l'ombre propre (lignes $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$...) et de les tracer très franchement dans toute la partie *abps* occupée par l'ombre portée.

Cela fait : la teinte n° 0 est passée sur tout ce qui est dans l'ombre propre ou l'ombre portée.

La teinte 1 est passée dans la partie en lumière, depuis + 1 jusqu'à la ligne $\bar{1}$.

Dans l'ombre portée, elle se limite également, à droite à la ligne $\bar{1}$, tandis qu'elle recouvre en entier l'ombre portée.

La teinte 2 est bordée de même, pour la partie en lumière, aux lignes 2 et $\bar{2}$, tandis que dans l'ombre portée elle s'étend de $\bar{2}$ à toute l'ombre portée.

Et ainsi de suite, jusqu'à la teinte 6.

A ce moment, le lavis est terminé pour tout ce qui est dans la lumière ou dans l'ombre propre, mais la partie dans l'ombre portée, *d*, *a*, *b*, *p*, *s*, est recouverte d'une teinte plate assez forte. L'effet de contre-ombre n'est donc pas encore réalisé.

(*b*) *Lavis des ombres portées.* — Pour l'obtenir, il suffit de passer dans *l'ombre portée seulement*, de nouvelles séries de teintes, que nous nommerons les *teintes d'ombres portées*. On peut le faire de deux manières différentes, savoir :

1° Du fort au faible. — La première teinte de contre-ombre (que nous appellerons la teinte 6′) sera passée en *mmmm* sur toute la zone 6 6 noyée dans l'ombre portée ; la seconde (teinte 5′) sera passée par dessus la précédente, la débordera et se limitera aux lignes 5, 5, et ainsi de suite jusqu'à la dernière teinte (n° 0′) qui se limitera en *ps* à la ligne d'ombre propre.

Cette première teinte de contre-ombre 6′ doit être beaucoup plus forte que la teinte d'ébauche n° 0. Les autres teintes 5′, 4′, .., etc., sont de plus en plus faibles et s'obtiennent par additions successives d'eau. Ces additions d'eau doivent être calculées de telle sorte que la dernière teinte d'ombre portée (teinte 0′) soit équivalente à la teinte d'ébauche, n° 0, plutôt un peu plus sombre qu'elle.

2° Du faible au fort. — On pourrait aussi, et cela vaudrait mieux, commencer le rendu des ombres portées par la teinte 0′, qui est équivalente à la teinte d'ébauche. Puis y ajouter *une* goutte de teinte de réserve, très noire ; ce qui donnera la teinte 1′, et la passer où nous avons dit ; ajouter à la teinte 1′, *deux* gouttes de noir, ce qui donnera la teinte 2′ et ainsi de suite, jusqu'à la teinte 6′ qui sera la teinte 5′ additionnée de *six* gouttes de noir.

Pour que ces additions de noir soient sensibles, il faut que la teinte de départ, 0′, ait un faible volume.

(*c*) *Remarque générale.* — Il est évident que tout le lavis pourrait se faire en procédant du *faible au fort*, tandis que nous venons de procéder du *fort au faible*.

Ainsi, on pourrait commencer par la teinte 6, de couleur très faible : ajouter un peu de couleur dans le godet, ce qui donnerait la teinte 5 ; à ce moment, ajouter un peu de teinte d'ombre, ce qui fournirait la teinte 4 et ainsi de suite. On arriverait ainsi à la teinte zéro. En y ajoutant de plus en plus de teinte d'ombre, on obtiendra les teintes d'ombres portées 1′, 2′, 3′, ..., 7′.

On sera peut-être plus sûr, de cette façon, de partir de la teinte la plus claire avec la clarté que l'on désire lui donner, d'obtenir ensuite pour la zone α le ton local de couleur qui convient et d'avoir en dernier lieu (zone 7′) le noir voulu dans la zone la plus obscure de l'ombre portée.

Il ne faut pas oublier que tout l'effet d'un rendu dépend du rapport des trois termes principaux, qui sont : la *dominante claire*, donnée par la zone β en lumière ; la *dominante colorée*, donnée par la zone α en lumière, et la *dominante sombre*, donnée par la zone β′, dans l'ombre.

96. **Lavis à teintes fondues.** (Même cylindre). — 1° La teinte d'ébauche n° 0 est passée, à plat, comme dans le cas précédent.

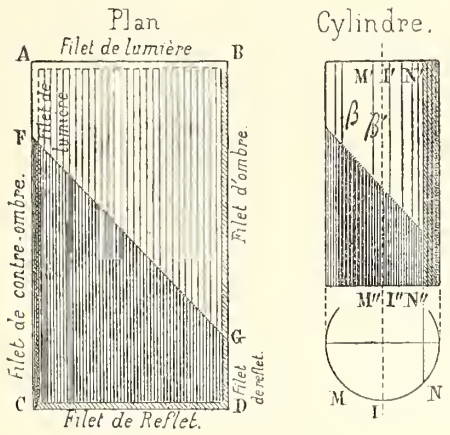
2° Comme il importe de bien ménager en clair la zone 6, 6, on prend de l'eau pure que l'on étend sur cette zone (aussi bien dans la partie éclairée que dans la partie ombrée). On la fond rapidement, avec la couleur, du côté du contour apparent de gauche (Voir le paragraphe suivant : Teintes adoucies), puis on la reprend du côté droit avant qu'elle n'ait séché et on l'amène, en la fonçant progressivement, mais avec de la couleur, jusqu'à être à son maximum, à la ligne n° 0 (v. plus loin n° 98, 2e manière), après quoi on la dégrade jusqu'au contour apparent de droite (n° 98. 1re manière). A ce moment, le rendu de la couleur est terminé.

3° Avec de l'eau, on recouvre les zones 6 et 5 jusqu'à la zone α : on ajoute alors de la teinte d'ombre que l'on force jusqu'à ce que l'on atteigne la ligne zéro ; après quoi on adoucit du côté des zones négatives. A ce moment, le modelé des demi-teintes et de l'ombre propre est terminé.

4° Dans l'ombre portée seulement, et se soudant à la ligne zéro, avec une teinte d'ombre, colorée de la couleur de l'objet, on passe une teinte fondue que l'on assombrit au fur et à mesure que l'on recouvre les zones dont les numéros sont les plus élevés, 4′, 5′, 6′, 7′.

97. **Des filets de lumière et des filets de reflets. — Filets d'ombres et filets de contre-ombres.** — Lorsqu'un plan est limité par des arêtes, comme par exemple la face d'un parallélipipède (fig. 127) on admet que ses arêtes ne sont pas absolument vives, mais légèrement arrondies, chacune d'elles affectant ainsi la forme d'un quart de cylindre.

Fig. 127 Fig. 128



(*a*) *Filet de lumière et filet de contre-ombre.* — Si nous prenons l'arête supérieure AB et celle de gauche AC, la surface arrondie qui leur est substituée serait dans la position du quart du cylindre M′M (fig. 128) lequel, dans sa partie en lumière, M′, renferme la zone la plus claire β et dans sa partie ombrée la zone la plus en contre-ombre, c'est-à-dire la plus noire β′, dans le prolongement direct de la zone la plus claire β.

Par conséquent, si nous revenons au plan ABCD, il faudra ménager de A en F un filet clair, c'est le *filet de lumière* (de 1/2 à 1 millimètre de largeur) et de F en C, au contraire, passer, au tire-ligne, un léger trait avec la teinte d'ombre la plus foncée ; c'est le filet de *contre-ombre* (on ne l'observe pas toujours dans les rendus).

L'arête horizontale AB serait dans les mêmes conditions.

(*b*) *Filet d'ombre et filet de reflet.* — Si nous prenons l'arête de droite BGD et l'arête inférieure CD, la surface arrondie qui leur est substituée serait dans la position du quart de cylindre N′N, lequel renferme l'ombre propre. Or, dans la partie éclairée N′ cette ombre propre tranche en gris sur le ton central I′ ; par conséquent, sur l'arête BG, nous devrons passer, au tire-ligne, un ton gris (bien se garder de le faire noir) de 1/2 à 1 millimètre d'épaisseur qui viendra se perdre en G dans l'ombre portée inférieure ; c'est le *filet d'ombre.* (On ne l'observe pas toujours.)

Si nous revenons au cylindre, dans la partie N″, l'ombre propre tranche en reflet sur la partie centrale I″ qui est en contre-ombre. Par conséquent, la partie GD de l'arête du prisme, doit porter un filet gris, dit *filet de reflet* de 1/2 à 1 millimètre d'épaisseur. L'arête inférieure CD est dans les mêmes conditions.

Il faut bien remarquer que ce filet de reflet GD ou CD. est loin d'être blanc. Il est du gris moyen de l'ombre propre, c'est-à-dire d'un gris au moins égal à celui de la teinte d'ébauche : c'est pourquoi on ne s'en occupe ni quand on passe la teinte première d'ombre (teinte zéro, ou teinte d'ébauche), ni quand on passe la couleur : on ne le ménage que lorsque l'on est arrivé aux teintes d'ombres portées.

(*c*) *Résumé.* — Les filets de lumière se réservent sur toutes les arêtes éclairées situées en haut et à gauche et les filets de reflets sur toutes celles qui, étant dans l'ombre, sont à droite et en dessous.

Nous indiquerons, dans le cours des exercices, comment il faut indiquer les filets de lumière et les filets de reflets lorsque la surface n'est pas plane ou lorsque, étant plane, les lignes qui en limitent le contour sont courbes.

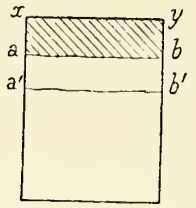
98. **Exécution des teintes dégradées.**

(*a*) *Teintes fondues, c'est-à-dire dégradées sur un grand espace (telles que teintes de fond, grandes teintes d'ombre).* — On commence par donner un coup d'éponge léger, afin d'ôter au papier sa sécheresse. On tamponne ensuite, fortement, la feuille avec un linge bien sec et on peut exécuter de suite le lavis.

1re Manière d'opérer. — Du fort au faible. — Dans un godet on prépare environ 3 gros pinceaux, d'une teinte grise

assez accusée. On oriente la planche de manière à placer en haut la partie *xy* qui doit être la plus foncée et on lui donne une très légère inclinaison (un livre placé sous la planche suffit pour cela).

Fig. 129



On commence en *xy*, et, par des petits coups de pinceau donnés de haut en bas et très également, en tenant le pinceau vertical, on amène la teinte jusqu'à la ligne *ab*, placée à 1 centimètre ou un centimètre et demi au dessous de *xy*.

La ligne dentelée *ab* doit être bien horizontale et nourrie également de teinte sur toute sa longueur ; on doit opérer à pinceau demi-plein. — On ajoute alors 2 ou 3 gouttes d'eau dans le godet. On mêle bien avec le pinceau et on fait descendre la teinte en *a'b'*. On continue de la même manière jusqu'en bas, mais en ajoutant chaque fois un peu plus d'eau que la fois précédente.

2e Manière. — Du faible au fort. — On a deux godets : dans l'un se trouvent 3 ou 4 pinceaux d'eau pure et dans l'autre de la teinte assez foncée, que nous appellerons de la *teinte de réserve*, et qui peut être de la teinte de couleur ou de la teinte d'ombre. — On a, de plus, un petit pinceau qui servira de compte-gouttes et de jauge.

On met une goutte de teinte de réserve dans le godet d'eau pure, et on commence, mais, bien entendu, en remettant la planche dans sa position normale, c'est-à-dire la partie qui doit être la plus claire, en haut.

On couvre ainsi comme tout à l'heure une zone de 10 à 15 millimètres de hauteur.

On ajoute alors dans le godet, avec le petit pinceau, une goutte de teinte de réserve ; on mêle bien avec le pinceau à laver, et on fait descendre encore la teinte de 10 à 15 millimètres.

On ajoute deux gouttes de teinte de réserve, on mêle et on continue de la même manière, en ajoutant chaque fois plus de teinte de réserve que la fois précédente. On fera bien de s'exercer à passer des teintes fondues par l'une ou par l'autre des deux manières.

La seconde est peut-être préférable. On doit surtout l'employer lorsqu'il est important d'obtenir un ton déterminé sur la partie la plus claire de la teinte, parce qu'il sera toujours possible, en opérant du *faible au fort*, de partir de ce ton faible comme point de départ. En employant la première manière, du *fort au faible*, on risque souvent de terminer par un ton moins clair que celui que l'on désire.

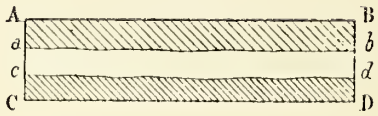
Nota — Dans tous les cas, surtout lorsque la teinte doit être assez foncée dans sa partie la plus obscure, il faut répéter les opérations précédentes deux ou trois fois pour arriver à l'effet voulu.

(*b*) *Teintes adoucies, c'est-à dire dégradées sur un petit espace.* — Soit, par exemple, à fondre une teinte de AB en CD sachant que l'on veut avoir en AB du blanc absolu et en CD un ton gris, déterminé.

On place la ligne AB horizontale (fig. 130). La planche ne doit pas avoir de pente.

On a deux pinceaux, l'un, le plus gros, contient de l'eau

Fig. 130



pure, et l'autre de la teinte grise. On passe de AB en *ab*, une zone d'eau pure, et, ensuite de *cd* en CD, avec l'autre pinceau, une zone de teinte grise, en laissant une zone libre *ab*, *cd* entre les deux.

Puis on enlève au gros pinceau la plus grande partie de son eau et en le passant sur la zone *ab*, *cd*, on mêle ainsi les deux teintes qui ont été mises en premier lieu. Si quelques marbrures se produisent on les fait disparaître en se servant du gros pinceau, presque sec, dont on promène légèrement la pointe sur les marbrures.

Nota. — Il faut recommencer plusieurs fois cette opération avant d'obtenir l'effet définitif.

CHAPITRE III

RENDU DES SURFACES GÉOMÉTRIQUES

§ I. — Surfaces de révolution

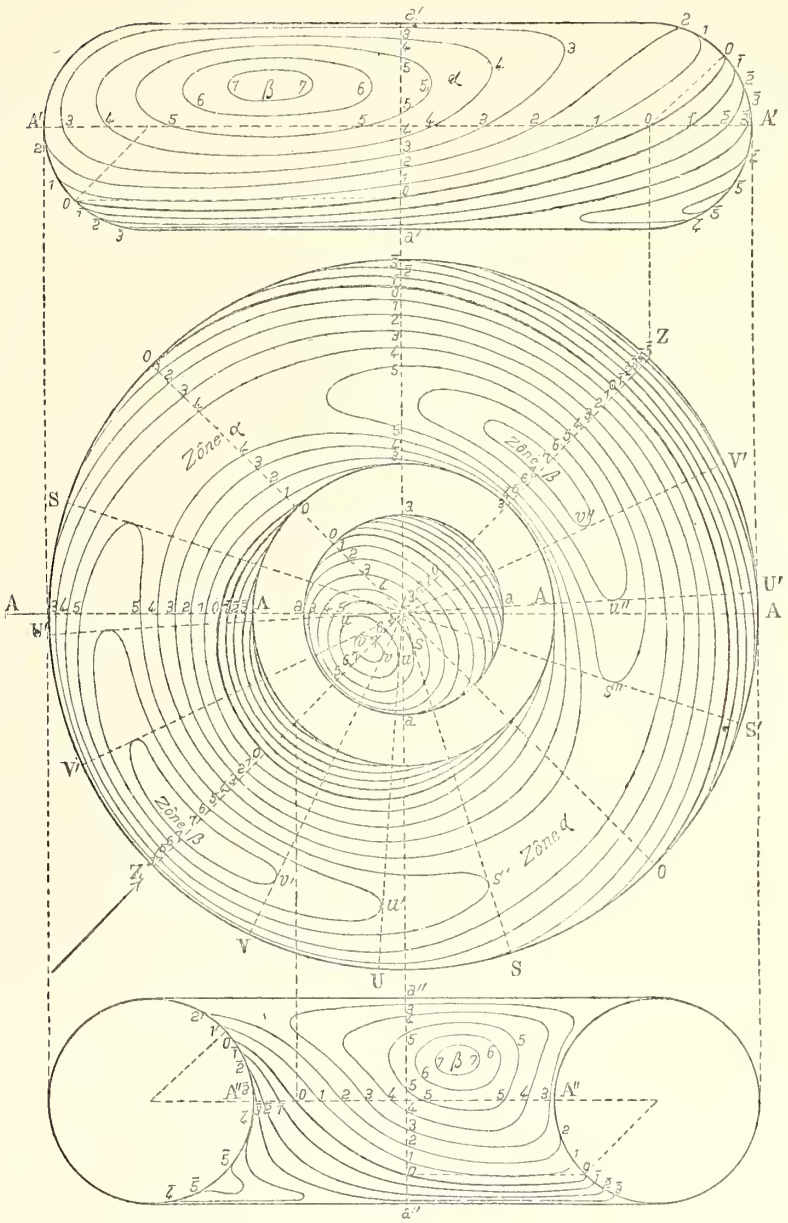
99. Lignes de teintes sur un tore à profil circulaire (fig. 131, 132, 133). — Nous supposons la surface mi-polie.

Tore (mi-poli).

Fig. 131
Élévation.

Fig. 132
Plan.

Fig. 133
Coupe.



(*a*) *Élévation* (fig. 131). — Le long du grand équateur A′A′ on pourrait circonscrire un cylindre vertical répondant à l'échelle A′ (voir plus haut les échelles de teintes). On relèvera donc, sur une bande de papier, la largeur

A′A′ et, l'inscrivant dans l'échelle A′ on prendra et on reportera les numéros 0, 1, 2, 3, ..., et $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$.

De même, au méridien de profil *a′a′*, répond un cylindre circonscrit parallèle à la ligne de terre et auquel s'applique aussi l'échelle A′. On marquera donc de même, sur la ligne *a′a′*, les numéros 0, 1, 2, 3, ..., etc.....

Cela suffit, avec un peu d'habitude, pour tracer les lignes de teintes de l'élévation. On devra toujours commencer par la ligne zéro, d'ombre propre, que nous savons tracer, d'ailleurs, sans le secours des échelles (voir ombres usuelles). On sait qu'elle est tangente à 45°, aux points 0 et 0 du contour apparent.

On remarquera que du côté positif les lignes 1 et 2 se perdent dans le contour apparent, tandis que la ligne 3 et, à plus forte raison, les lignes 4, 5, ..., ne le rencontrent pas. C'est pourquoi nous dirons que sur les surfaces mi-polies, la zone 2-3 est une zone de contour apparent en lumière. Du côté négatif, c'est la zone $\overline{3}$-$\overline{4}$.

(*b*) *Coupe* (fig. 133). — Nous avons un tracé analogue.

En A″A″, petit équateur, nous plaçons l'échelle A′, mais *renversée*, parce que le cylindre qui serait circonscrit le long du cercle A″A″ serait un demi-cylindre en creux.

Le long du méridien de profil *a″a″* nous aurons encore l'échelle A′, non renversée.

Par les points ainsi placés on tracera les lignes de teintes comme pour l'élévation, en commençant toujours par la ligne zéro et faisant les mêmes remarques pour la zone de contour apparent dans la lumière 2 — 3 et pour celle dans l'ombre $\overline{3}$ — $\overline{4}$.

(*c*) *Plan* (fig. 132). — Nous avons figuré au centre une sphère égale à celle qui, par sa rotation, engendrerait le tore ; nous la nommerons la *sphère centrale*.

L'échelle A′ (dite des cylindres verticaux) nous sert pour le méridien de front AA..... et pour le méridien de profil *a″aaa′*. Remarquons que la bande de papier qui nous est nécessaire a été faite déjà pour le méridien de profil *a′a′*, de l'élévation et de la coupe.

L'échelle B′ (dite des cylindres à 45° en lumière) nous sert le long du méridien de symétrie à 45° ZZ.

L'échelle C′ (dite des cylindres à 45° en demi-teinte) nous sert pour le méridien fuyant à 45°, 00.

Nous avons dès lors assez de points pour tracer les courbes sur la sphère et sur le tore.

(*d*) *Zones de contour apparent, courbes ovoïdes et zones de couleur.* — 1° Remarquons, comme pour l'élévation et pour la coupe, que la courbe 2 se perd dans le contour apparent tandis que la courbe 3 et les suivantes, 4, 5.... ne le rencontrent pas. Nous observons donc ici, comme d'ailleurs sur toute surface mi-polie, que la zone 2 — 3 est zone de contour apparent en lumière.

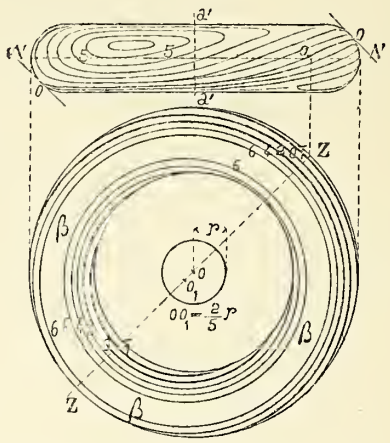
2° Du centre de la sphère il nous est possible de mener des tangentes aux trois ellipses 5, 6 et 7 de la sphère. Soient *ov*, *ou*, *os* ces trois tangentes. Nous en concluons que sur le tore, aussi bien dans sa partie extérieure que dans son intérieur, il existera trois zones 5, 6 et 7 auxquelles répondront les mêmes tangentes.

Ces zones affectent la forme d'un ovale déprimé; nous les nommerons *zones ovoïdes*. On voit qu'elles sont au-delà de la zone 4 — 5 ou zone α, dite d'éclairage à saturation. Ce seront donc des zones qui ne recevront que de la couleur et aucune teinte d'ombre. L'une d'elles, la zone 7, sera la zone brillante ou zone β, qui sur le lavis restera blanche ou peu s'en faut.

Nota. — Il faut bien remarquer que les mêmes tangentes issues du centre, servent aux courbes ovoïdes intérieures et extérieures (1).

100. Tores dont le cercle générateur est très petit (fig. 134).— Dans ce cas il serait impossible de tracer toutes

Fig. 134



les lignes de teintes, avec leur vraie forme, dans l'espace restreint dont on dispose. On peut procéder approximativement comme suit :

(*a*) *Elévation.* — Sur l'équateur AA′ l'espace est assez grand pour y placer tous les numéros 0, 1, 2, 3, 4, 5. Mais, en hauteur, sur le méridien de profil, cela devient impossible. Alors on amorce toutes les lignes de teintes dans le sens de la largeur, c'est-à-dire du grand espace, mais, dans l'autre, on fait perdre les teintes de deux en deux, l'une dans l'autre.

Ainsi $\overline{1}$ se perd avec 0 ; $\overline{3}$ se perd avec $\overline{2}$ et du côté de la lumière 1 et 2 se rejoignent, puis 3 et 4, etc.....

(*b*) *Plan.* — *En plan* au lieu des sept lignes de la figure 132, on n'en prendra que trois qui, non compris la ligne zéro, seront 2, 4 et 6.

Remarquant maintenant que sur l'épure exacte (fig. 132)

(1) Il est facile de démontrer que les courbes du tore sont des conchoïdes des ellipses de la sphère centrale. On les obtiendrait en prenant pour pôle le centre de cette dernière, et pour paramètre la distance du centre du tore au centre du cercle générateur.

le point zéro situé sur le méridien de symétrie à 45°, ZZ se trouve à une distance du contour apparent qui est sensiblement les 0,4 du rayon, on substitue au vrai tracé un autre tracé approximatif, par arcs de cercles, qui est le suivant :

1° On prend, du côté d'où vient la lumière, sur le méridien à 45°, une distance 00_1, égale aux 0,4 du rayon (4/10).

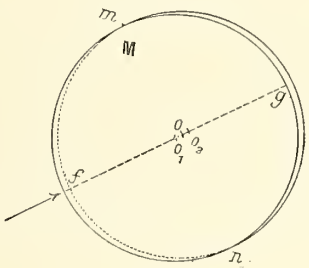
2° De ce point avec des rayons égaux à ceux du grand et du petit équateur, on trace des demi-circonférences qui donnent, sensiblement, les lignes zéro.

3° Du même centre 0_1 on trace une série de circonférences concentriques qui donnent les lignes $\overline{2}$ et 2, 4, 6.

Remarques. — Ce tracé substitue aux zones ovoïdes brillantes du tracé exact, une couronne circulaire β, β, β..... C'est une approximation acceptable.

(*c*) *Filet de lumière d'un disque circulaire plan.* — Ce tracé justifie également le procédé employé figure 135 pour tracer

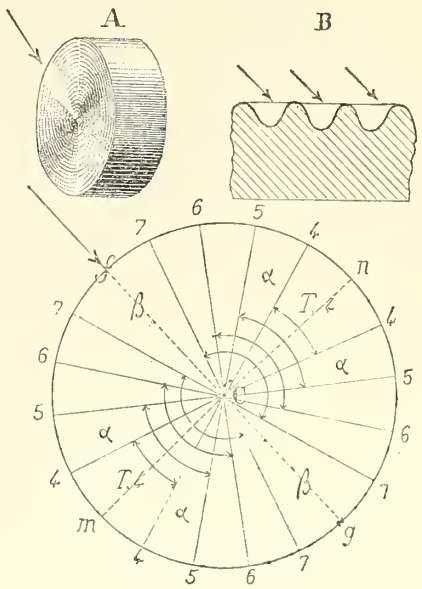
Fig. 135



les traits de force et les filets circulaires sur un contour circulaire plan M. Il consiste à prendre sur la ligne à 45° du centre, deux points 0_1 et 0_2 distants du point 0 de toute l'épaisseur que l'on veut donner soit au filet de lumière *f*, soit au trait de force *g*, et à décrire de ces points comme centre, avec le rayon du contour circulaire, deux demi-cercles *mfn* et *mgn*, excentriques l'un à l'autre. Cela résulte de ce que (n° 97) le filet de lumière et le trait de force ne sont autre chose qu'une traduction sommaire de la zone brillante et de la zone d'ombre propre de la surface arrondie qui forme l'arête du contour. Si cette arête est un cercle, la surface arrondie est un tore à cercle générateur très petit.

101. Surfaces planes travaillées au tour (fig. 136). — Certaines surfaces planes, ou même légèrement sphériques ou coniques travaillées au tour, telles que les extrémités des tourillons, les obturateurs de lunettes d'approche, A, ou d'objectifs photographiques, etc.. . présentent, au lieu

Fig. 136



d'un plan parfait, une série de stries circulaires (voir la coupe grossie en B) formant comme autant de tores à cercles générateurs très petits, emboîtés les uns dans les autres, et ayant tous le même centre.

Or, ces tores présentent tous, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, trois zones ovoïdes 5, 6 et 7 (fig. 132) limitées aux mêmes tangentes U, V et S. Les tores, pris en masse, présenteront donc une série de lignes brillantes, qui par leur ensemble donneront l'aspect de deux secteurs (voir A, fig. 136) brillants, opposés par le sommet.

Dans un lavis à teintes plates un pareil plan, C, limité par un contour circulaire, se rendra de la manière suivante :

On divisera les arcs *fm* et *fn* en cinq parties égales, et joignant ces points au centre cela donnera des lignes que l'on considèrera comme les lignes de teintes 7, 6, 5 et 4 et entre lesquelles on passera les teintes comme l'indiquent les flèches de la figure inférieure C.

§ II. — Raccordement des surfaces

102. Surfaces-Congés. — Quelquefois en architecture, mais surtout en mécanique, pour les pièces qui doivent être fondues directement, lorsque deux surfaces se rencontrent, au lieu d'accuser leur ligne d'intersection par une arête vive, soit en creux soit en saillie, on émousse, pour ainsi dire, cette ligne d'intersection à l'aide d'une surface de raccordement qui prend ordinairement le nom de *congé*.

Les *surfaces-congés* sont quelquefois très simples et susceptibles d'être définies géométriquement ; mais, le plus

souvent, elles sont compliquées et leur définition géométrique est presque impossible.

Le congé entre deux plans (fig. 137), pourra être, comme en M, un cylindre, dont les génératrices seront parallèles à l'intersection des deux plans.

Fig. 137

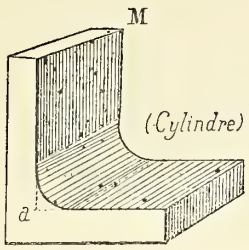
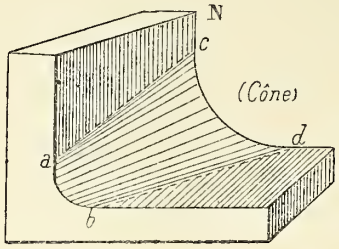


Fig. 138



On pourrait prendre aussi comme en N (figure 138), un cône tangent aux deux plans.

Deux surfaces de révolution ayant même axe se raccorderont par un congé qui sera un tore.

La marche à suivre pour faire le passage des lignes de teintes d'une surface sur l'autre, en prenant comme transition le congé, est toujours la même. Elle se résume ainsi :

1° On détermine, figure 139, en *dd*, *ff*, ..., et figure 140, en *aa*, les lignes suivant lesquelles se feront les raccordements ;

2° On trace les lignes de teintes sur les surfaces à raccorder (1) et on les arrête aux lignes de raccordement. Il reste alors à tracer les lignes sur le congé, c'est-à-dire à relier convenablement les points qui portent les mêmes numéros sur les lignes de raccordement; pour y arriver :

3° On se rend compte des lignes de contour apparent du congé et, en leur menant des tangentes à 45°, on a des points zéro d'ombre propre ;

4° Cela suffit en général pour permettre de tracer avec une approximation suffisante la ligne zéro du congé ; sa direction aide à trouver celle des lignes 1, 2, 3, etc , ... dont on a les points de départ et d'arrivée, là où les lignes de teintes des surfaces données rencontrent les lignes de raccordement du congé.

Remarque. — Si le profil du congé est fourni par des arcs de cercle, dans ce cas le congé et les surfaces sont simplement tangentes mais ne sont pas ce que l'on nomme *osculatrices ;* alors les lignes de teintes se rencontrent sur la ligne de raccordement mais ne sont pas *tangentes entre elles.*

Si, au contraire, le profil du congé est tracé à la main, alors il y a osculation et les lignes de teintes se raccordent. Nous supposons dans les exemples donnés plus loin qu'il en est ainsi ; l'effet produit est meilleur (2).

(1) Ces surfaces sont en général définies géométriquement : ce sont des cônes, des cylindres, des sphères, des tores, etc... ; et l'on sait, par conséquent, tracer leurs lignes de teintes.

(2) Voir pour l'osculation des surfaces : Géométrie descriptive, 3e vol.

103. Raccordement d'un cylindre et d'un plan. — On remarquera (fig. 140), sur la projection horizontale, que les

Fig. 139

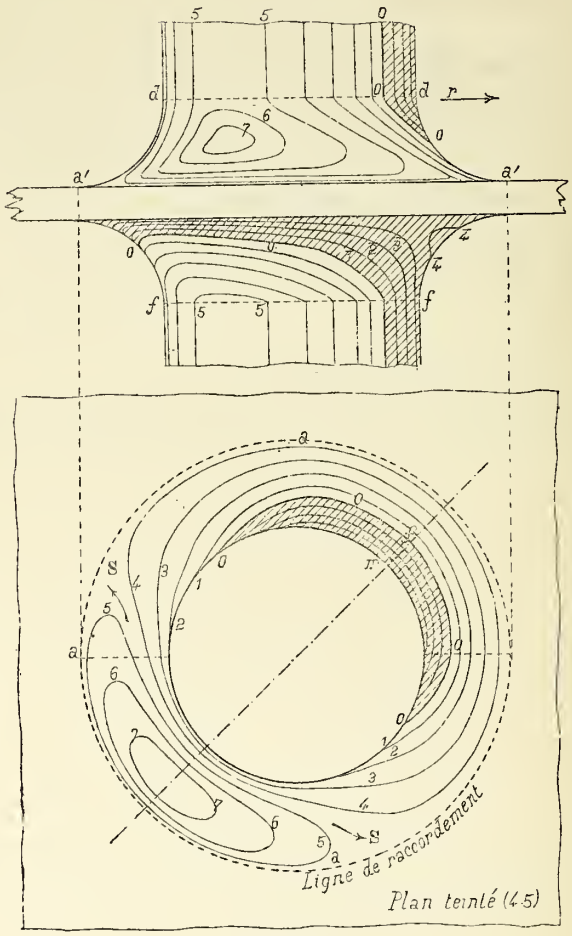
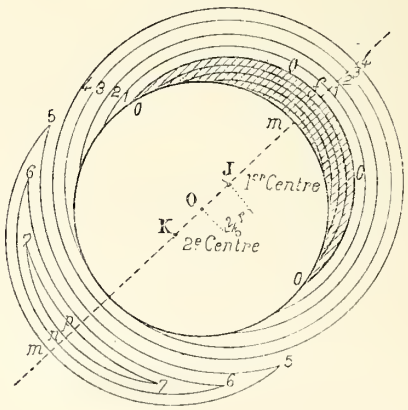


Fig. 140

lignes de teintes du congé ne doivent pas rencontrer la ligne de raccordement *a*, *a*, *a*, qui est ici un cercle. Cela

Fig. 141



est naturel puisqu'un plan ayant la même orientation pour tous ses points doit être teinté d'une seule et même teinte partout.

On voit en S, S, deux espèces d'*estuaires* par lesquels la zone 4, 5, semble se déverser sur le plan, comme un fleuve se déverse dans la mer.

En dessin de machines, sur les portées des boulons, on trace les lignes de teintes d'une manière approchée, en se servant du compas (fig. 141). Ayant remarqué (fig. 140) que la distance *mf* est sensiblement les 0,4 du rayon du congé, on prend de part et d'autre du centre O et sur la ligne à 45° deux points J et K situés à une distance égale aux 0,4 du rayon.

Du point J comme centre on trace 4 cercles, donnant les teintes positives n°s 1, 2, 3 et 4.

Fig. 142

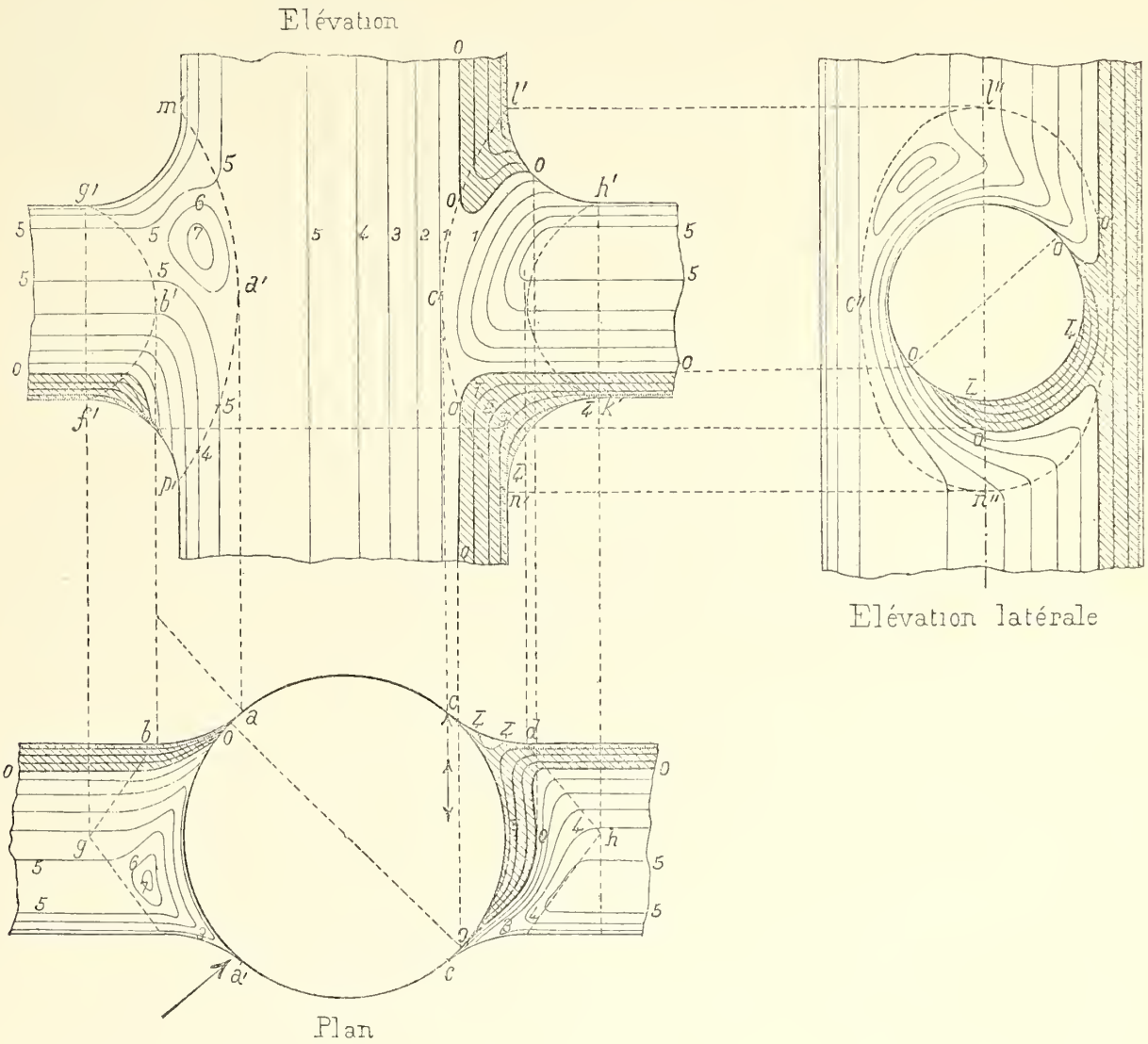


Fig. 144

Fig. 143

Les ombres portées sont à déterminer.

Du côté de la lumière les courbes ovoïdes n°s 5, 6 et 7, sont obtenues par des arcs de cercles ayant alternativement *f* et *k* comme centres.

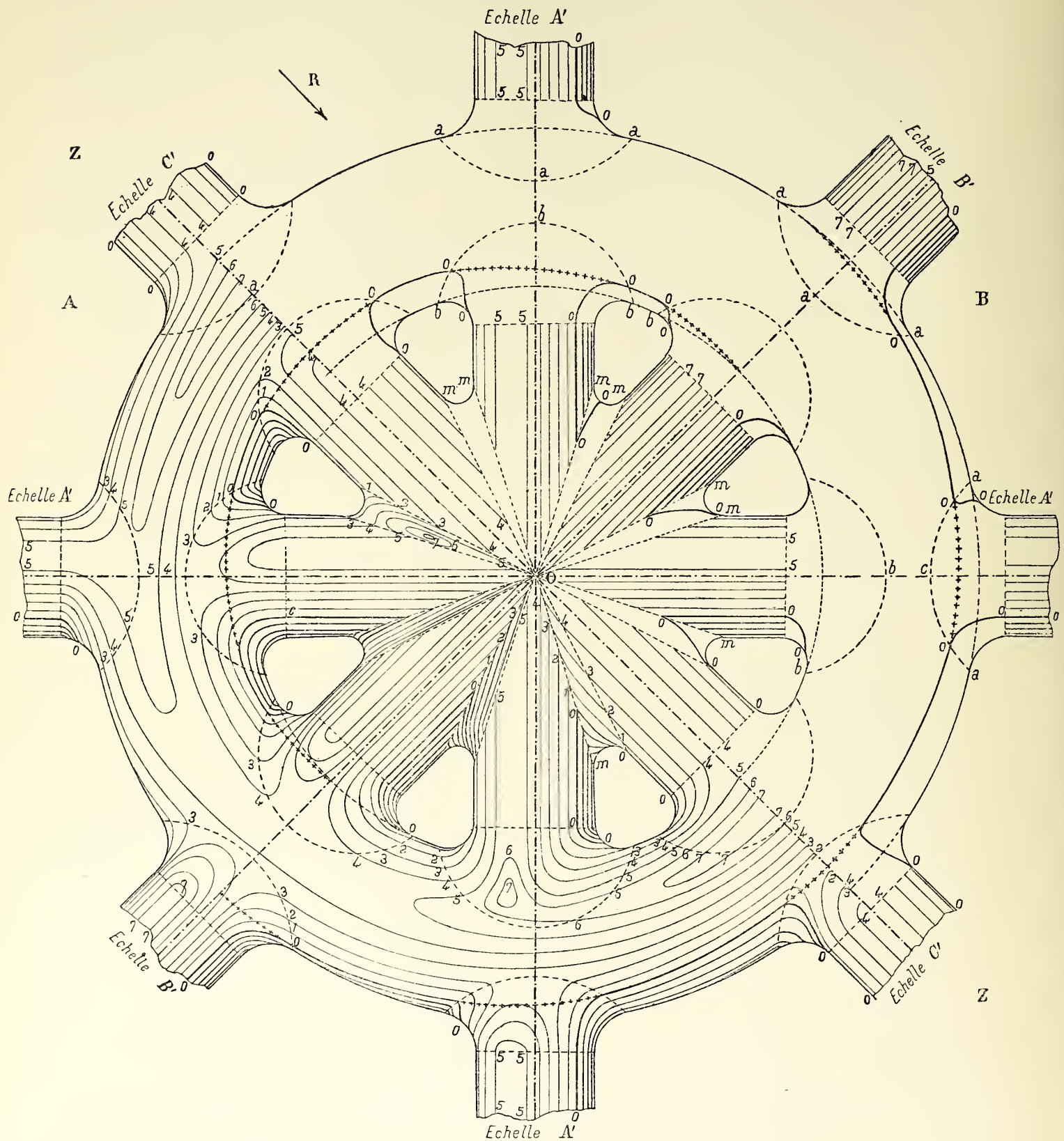
Au lieu d'être arrondies aux extrémités, comme sur la figure 140, elles sont terminées en pointe. Cela ne nuit pas à l'effet produit.

Nota. — Sur les figures 139, 140, 141, les ombres portées ne sont pas indiquées ; on devra les chercher. Elles produiront des effets de contre-ombres comme il est dit plus haut.

104. **Raccordement de deux cylindres de diamètres différents.** — On s'est donné (fig. 142) en élévation et (fig. 143) en plan, les profils du congé, lesquels seront pour lui ses lignes de contours apparents.

Les points de contact *a*, *b* et *c* du plan ont été rappelés

Fig. 145



en a', b' et c' sur l'élévation, et les contacts g' et h' de l'élévation ont donné g et h sur le plan ; cela a permis

d'établir approximativement, sur l'élévation, les lignes de raccordement $m'a'p' - g'b'f'$, etc., . ., indiquées en pointillé sur le croquis.

L'échelle A′ des cylindres mi-polis a permis de tracer les lignes de teintes des surfaces cylindriques.

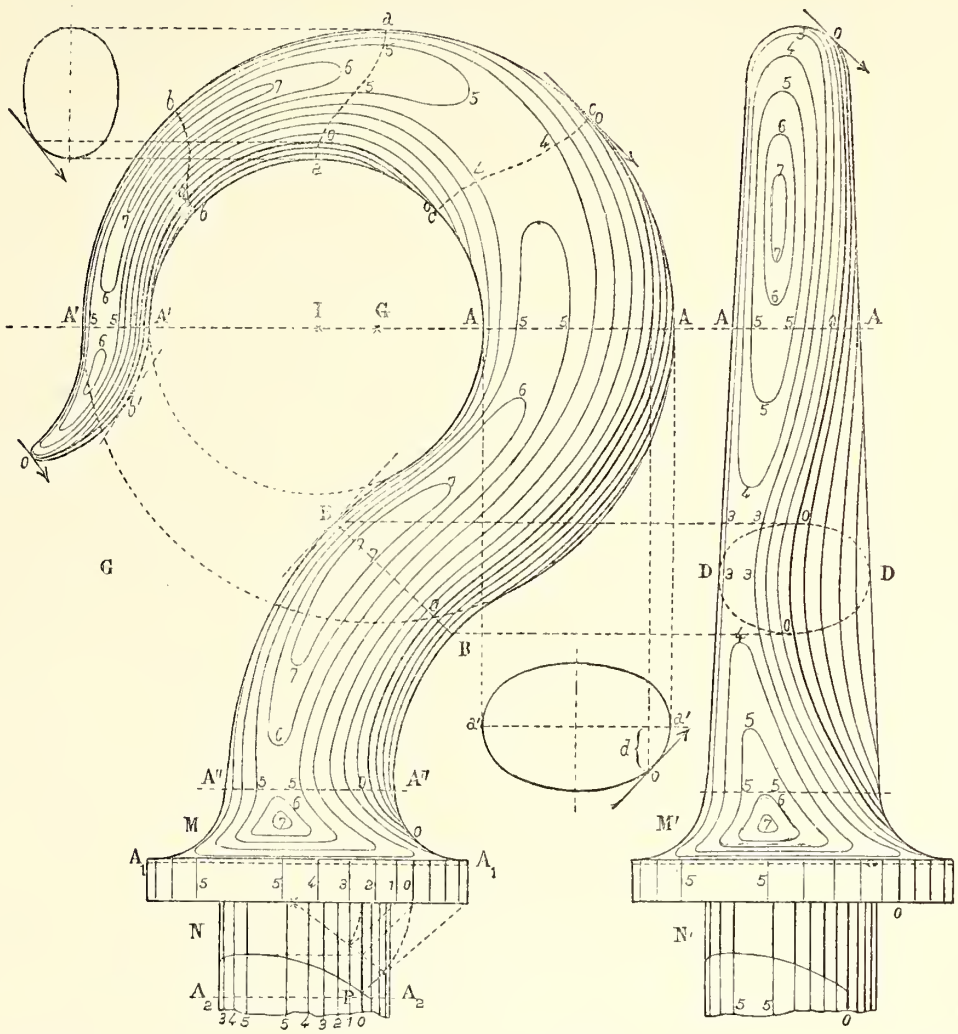
Les lignes du congé rejoignent les points dont les numéros se correspondent sur les lignes de raccordement. Il est inutile d'insister : le lecteur devra refaire lui-même le tracé et s'exercer à laver les différents exemples de surfaces ou de raccordements de surfaces que nous donnons.

Nota. — 1° On trouvera l'application de cet exemple dans le lavis des robinets ;

2° Les ombres portées sont à déterminer sur les figures 142, 143 et 144.

105. Raccordements d'un tore et de huit cylindres

Fig. 146 Fig. 147



(fig. 145) (1). — *Corps mi-polis.* — Un tore est rencontré par huit cylindres. Les lignes de raccordement sont, à l'extérieur, les courbes *a*, *a*, *a* (on peut prendre en plan des arcs de cercle ; mais dans l'espace ce sont des courbes gauches) ; à l'intérieur, ce sont les courbes *b*, *b*, *b* et pour le croisement des cylindres entre eux, ce sont les lignes O*m*, O*m*, O*m* qui sont droites sur le plan, mais qui, en réalité, sont des ellipses dans l'espace, comme sections planes de ces cylindres. (On aurait pu, pour ces dernières, prendre toute autre ligne.)

Les échelles A′, B′ et C′ des corps mi-polis ont permis de diviser les 8 cylindres qui sont en présence. On a donc tracé les lignes de teintes de ces cylindres, mais en les arrêtant aux lignes de raccordement *aaa* .. *bbb*... *mmm*.

On a, par les procédés indiqués ci-dessus, tracé les lignes de teintes du tore et on ne les a conservées qu'en dehors des lignes de raccordement. On voit sur le croquis ci-contre, les séparatrices d'ombre, mais elles seulement, continuées par

(1) Sujet de lavis donné à l'Ecole polytechnique en 2e division.

des petites croix dans la partie qui appartient aux congés.

Le raccord des lignes entre elles est facile à suivre sur le croquis ci-contre ; on joint par des courbes les points dont les numéros sont les mêmes.

La moitié de gauche A donne le tracé complet ; la moitié de droite B ne donne que l'indication des lignes zéro. Les deux moitiés sont symétriques par rapport au plan de symétrie à 45°, ZZ.

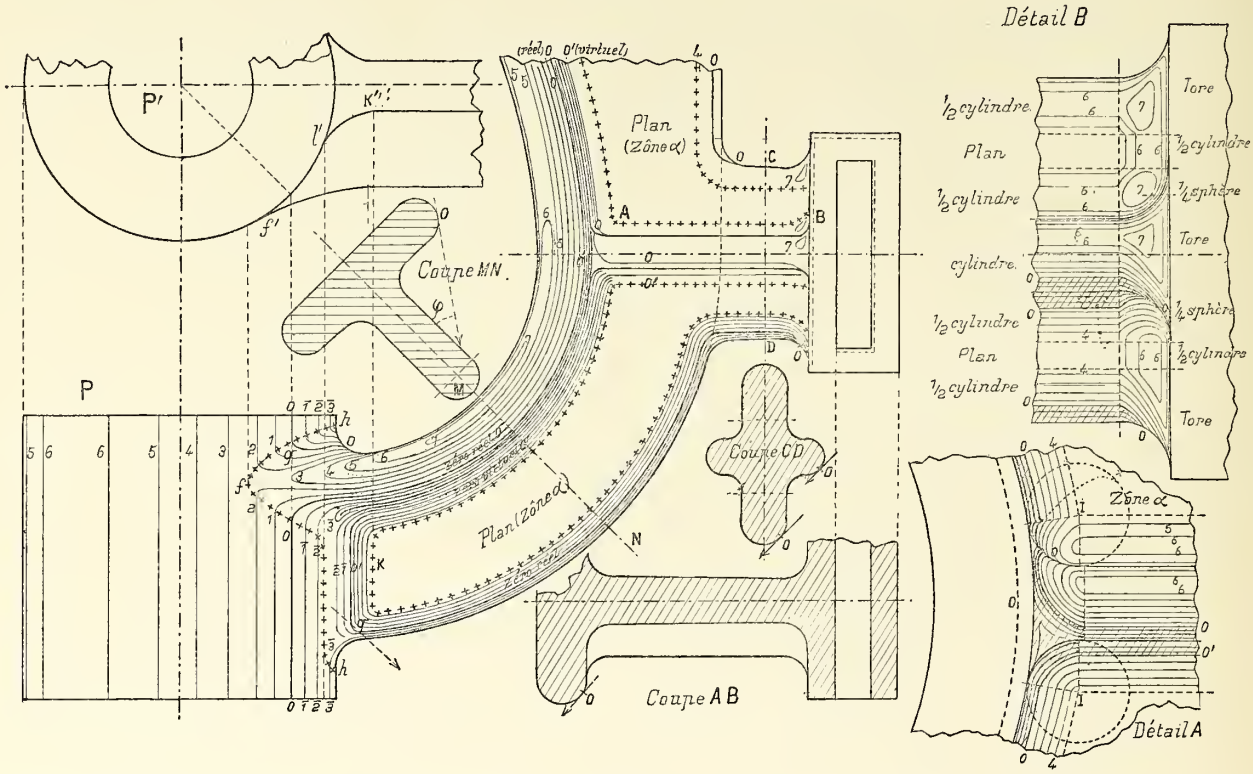
(On n'a pas indiqué les ombres portées, on les cherchera par les méthodes données dans la première partie.)

106. Raccordements de tores. — Application à un crochet de poulie (fig. 146 et 147.) — Nous avons en présence plusieurs tores ou fractions de tores qui se succèdent en changeant de section méridienne. Ainsi, tandis que la coupe horizontale A″A″ faite immédiatement au-dessus du congé M, donnerait un cercle, une coupe horizontale AA faite au niveau des centres I et G donnerait la courbe elliptique dont on voit le rabattement en *a′a′* au-dessous.

Comme toujours on détermine d'abord, et même sans le secours des échelles, les lignes zéro, c'est-à-dire les séparatrices, en ayant soin de les faire passer par les points de tangence à 45 degrés sur les contours apparents.

Quant à l'application des échelles, elle ne peut plus se

Fig. 148



faire très rigoureusement sur le crochet à cause de la forme elliptique de ses différentes sections.

Ainsi l'échelle A′ (dite des cylindres verticaux) s'applique, *par à peu près*, en AA — A′A′, mais sur un profil elliptique. Sur A″A″ seulement elle peut s'appliquer exactement. Le point zéro est déterminé rigoureusement par le tracé de l'ombre propre, mais les autres points ne le sont qu'à vue d'œil. L'échelle se s'applique plus. Néanmoins on placera les points au sentiment, sachant toujours que l'on ne doit pas dépasser les numéros 5 et 5 pour la zone claire des cylindres verticaux et que le milieu des sections doit être compris entre 4 et 5 (zone α).

En menant des tangentes horizontales aux points *a* et *a*, et joignant *aa* par une ligne courbe que nous prendrons comme ligne conventionnelle de contact d'un cylindre horizontal circonscrit, nous disposerons aussi sur cette ligne des numéros analogues à ceux de l'échelle A′.

L'échelle B′ (dite des cylindres à 45°, en lumière) trouvera son application en BB et en *bb* (cette dernière ligne de contact n'est pas droite) ; nous aurons soin d'y placer tous les numéros jusqu'à 7 et de faire en sorte que le milieu de la ligne soit compris, lui aussi, entre 4 et 5 (zone α).

Enfin l'échelle C′ (dite des cylindres à 45° en demi-teinte) trouve son application sur la ligne courbe *cc*.

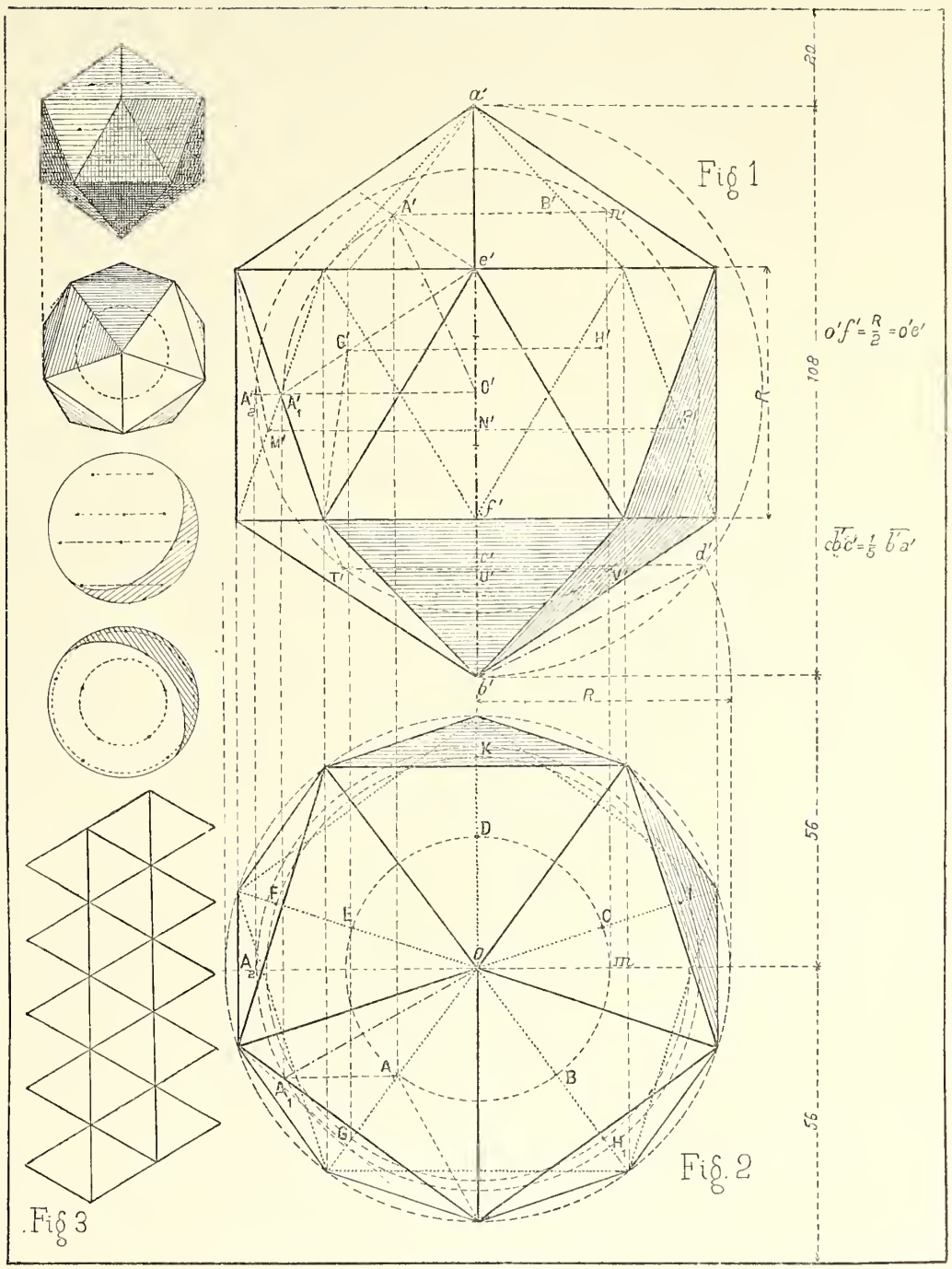
Il est inutile d'insister ; le croquis donne les indications nécessaires pour achever le tracé. D'ailleurs la simple lecture ne suffit pas pour comprendre et pour s'assimiler la

méthode. Il est nécessaire de faire les dessins et d'en exécuter le lavis.

Nous donnerons plus loin le dessin d'un palan dans lequel un crochet analogue se présentera.

107. Raccordements de nervures (fig. 148). — Cet exemple est emprunté au cours de dessin de machines de l'Ecole Polytechnique. Le croquis ci-joint représente la partie inférieure d'une *chaise pendante*. — Dans la partie cylindrique

Fig. 149



P_1P', se loge une douille supportant le coussinet. (Ce coussinet n'est pas représenté sur le croquis.)

Les coupes partielles MN, CD, AB, font connaître les profils exacts des nervures et permettent de trouver immédiatement des points des lignes zéro (séparatrices). Ces points sont *réels*, si le point de tangence est sur une saillie; ils sont *virtuels* s'il est dans un creux. Les lignes zéro virtuelles sont toujours noyées dans une ombre autoportée (1)

(1) Pour ne pas compliquer la figure, les ombres portées n'ont pas été tracées ; elles sont faciles à déterminer. Nous avons adopté les échelles des

que l'on devra chercher. — Ces ombres autoportées se détachent des ombres propres réelles, aux points dits *de passage* tels que *q* (fig. P). La tangente y est à 45°, et ce point sert aussi de départ aux branches virtuelles d'ombre propre. (Voir géométrie descriptive.) Ne pas oublier que l'on obtient des points zéro en menant des tangentes lumineuses aux contours apparents.

Nous rappelons que pour passer d'une nervure à une autre, il faut, comme il a été dit au n° 102, chercher d'abord les lignes de raccordement des surfaces congés. (Nous les avons indiquées sur le croquis par une ligne formée de points en croix.) Le croquis ci-contre et les détails plus grands A et B suffisent pour indiquer la marche à suivre.

108. Rendu des polyèdres.

(*a*) *Méthode générale.* — Le rendu qui convient à des plans dépend de leur orientation et de leur distance. Les effets d'orientation l'emportent toujours, comme importance, sur ceux de distance ; et la difficulté, assez grande d'ailleurs, consiste à mettre, pour les plans, ces effets en concordance avec ceux des surfaces courbes qui les avoisinent. C'est pourquoi on commence, tout d'abord, par terminer le rendu de ces surfaces courbes. Après quoi pour apprécier la valeur à attribuer, comme couleur, comme ombre et comme modelé à tel ou tel plan situé à côté d'elles, on imagine que ce plan est déplacé parallèlement à lui-même jusqu'à devenir tangent à la surface dont le rendu, que nous supposons achevé, peut être pris en quelque sorte comme *diapason de valeurs ;* on apprécie le point (ou la ligne) de contact ; on reconnaît la valeur correspondante et on attribue cette valeur au plan considéré. Ce n'est qu'ensuite, et sous forme de retouches, que l'on tient compte des effets de distance ; il faut le faire avec beaucoup de discrétion. Nous désignerons cette opération sous le nom de *mise à l'unisson* des plans avec les surfaces.

(*b*) *Application à un icosaèdre régulier* (fig. 149). — La construction de ce solide est indiquée dans le cours de géométrie descriptive. On sait que l'on peut lui inscrire une sphère ; on voit cette sphère indiquée en pointillé, sur les figures 1 et 2 ; les points de contact avec les faces du polyèdre sont marqués approximativement, en A′, B′, G′, etc... Par conséquent, se reportant à la sphère type, on verra quelles sont les valeurs des teintes dans lesquelles se trouvent ces points de contact et on fera en sorte que ces valeurs soient les mêmes sur les faces correspondantes du solide.

corps dépolis, quoique les surfaces soient métalliques ; cela n'a pas d'importance.

CHAPITRE IV

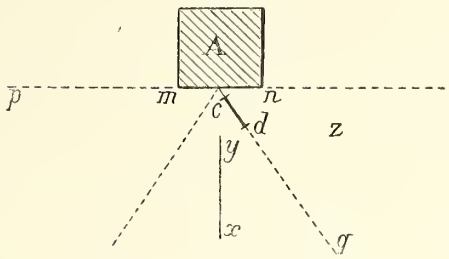
APPLICATION AU RENDU DANS LE DESSIN D'ARCHITECTURE

§ I. — Murs et surfaces planes

109. Des reflets dans le dessin d'architecture. — En architecture, les édifices reposent sur le sol, qui est fortement éclairé, souvent de couleur claire, et qui donne des reflets violents. Les reflets atmosphériques doivent donc être combinés avec les reflets émanant du sol. Ces derniers sont même plus intenses que les premiers. Cherchons à nous rendre compte de la direction suivant laquelle les reflets du sol ont le plus d'intensité. Cette direction, combinée avec celle du rayon atmosphérique principal, nous donnera celle des rayons de reflets résultants.

(*a*) *Rayon terrestre principal.* — Soit en projection hori-

Fig. 150

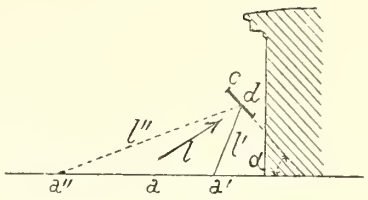


zontale A (fig. 150) un édifice rectangulaire, reposant sur un sol mat, c'est-à-dire analogue aux surfaces dépolies, éclairé et renvoyant de la lumière par diffusion et non par réflexion, comme pourrait le faire une nappe d'eau. Il est évident que si nous plaçons un petit élément plan vertical, *cd*, dans une position inclinée sur la face *mn* de l'édifice, il ne recevra de reflets que des points du sol situés dans l'angle *pcq*, car il ne peut pas recevoir de reflets de la partie du sol Z, qui est située derrière lui. Il sera donc d'autant moins reflété qu'il sera plus loin d'être parallèle à la face *mn*. On peut donc dire que le *rayon terrestre principal*, c'est-à-dire le rayon fictif qui, à lui tout seul, donnerait *à peu près* les mêmes effets que l'ensemble des rayons qui viennent de tous les points du sol, doit être dans un plan de profil vertical *xy*, perpendiculaire sur la face *mn* de l'édifice.

Quel angle, avec le plan horizontal, fait-il dans ce plan? Pour nous en rendre compte, faisons une coupe verticale sur l'édifice (fig. 151).

Un petit élément plan *cd*, incliné à l'angle α, reçoit de la lumière d'une infinité de points, tels que a', a, a''... situés à des distances l', l, l''... Ces points lui envoient de la

Fig. 151



lumière dont l'éclairement varie : 1° avec l'angle d'incidence ; 2° avec la distance (loi de l'inverse du carré de la distance). En combinant tous ces effets, il sera facile de reconnaître :

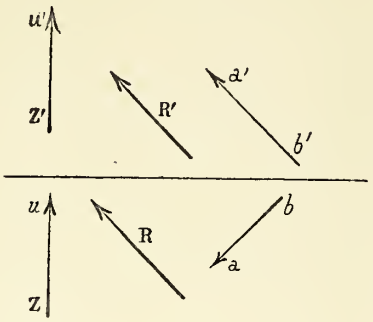
1° Que l'élément *cd* sera plus éclairé quand il sera près du sol que quand il en sera loin ;

2° Qu'il sera éclairé au maximum quand il fera avec le sol un certain angle α, que le calcul pourrait déterminer. Le rayon de reflet maximum dû au sol, c'est-à-dire ce que nous nommerons le *rayon terrestre principal*, sera pris normal au plan *cd*, dans la position précédente, répondant à cet angle α d'éclairement maximum. Son angle avec le sol sera donc $90° - \alpha$.

(*b*) *Combinaison des reflets du sol et des rayons atmosphériques.* — *Rayon aéro-terrestre principal.* — Combinons (fig. 152) les reflets du sol représentés par le rayon terrestre $Zu - Z'u'$, situé dans un plan de profil Zu et dirigé de bas en haut, avec le rayon atmosphérique principal représenté par $ba - b'a'$ (dans l'hypothèse du rayon à 45°). Le premier est plus intense que le second, et on pourra les réunir en un seul RR' que nous nommerons le rayon *aéro-terrestre principal.* On le prend ordinairement, en architecture, dirigé suivant une diagonale du cube de lumière, mais ce n'est pas celle qui est directement opposée aux rayons solaires. On prend le *rayon aéro-terrestre* incliné à 45°, dirigé de droite à gauche, de bas en haut et d'arrière en avant. Les projections d'un de ces rayons seraient les droites R et R' (fig. 152, page suivante).

(*c*) *Remarque.* — Il est bien entendu que ce rayon aéro-terrestre n'est que conventionnel ; c'est un rayon qui, pris seul, éclairerait les ombres *à peu près* comme le font tous

Fig. 152



les rayons de reflets qui viennent dans toutes les directions, avec des intensités variables. Il faudra bien se garder de lui donner des propriétés ombrantes. (Voir plus loin *f*, contre-ombres.)

(*d*) *Conséquences.* — 1° Dans un dessin d'architecture, représentant la façade ou la coupe d'un édifice, toutes les ombres doivent être plus claires en bas de l'édifice qu'en haut, comme étant plus près de la source principale des reflets, qui est le sol.

2° Les moulures qui, dans l'ombre, sont tournées du côté du sol doivent être moins noires que celles qui sont tournées du côté du ciel. Plus généralement, le point le plus clair d'une moulure placée dans l'ombre est celui pour lequel le rayon aéro-terrestre lui est normal.

(*f*) *Contre-ombres.* — Les reflets du sol sont quelquefois assez intenses pour produire des ombres dans les ombres. On nomme ces dernières des *contre-ombres.* On ne les trace que dans les ombres portées en les supposant produites par le rayon aéro-terrestre principal, tel que nous venons de le définir. Seulement, il ne convient pas de donner à ces contre-ombres des contours aussi définis qu'aux ombres directes, ni de les prolonger aussi loin. En effet, les reflets qui viennent de tous les points du sol produisent des pénombres très considérables qui font que les contre-ombres disparaissent à très petite distance des objets qui les portent et que leurs contours s'estompent très rapidement. On fait ordinairement les contre-ombres à l'aide de teintes très rapidement adoucies ou fondues. (Voir plus loin fig. 158 et n° **114** *e*, lavis d'un entablement.)

110. Rendu des murs et des surfaces planes de front. — Un porche avec escalier (fig. 153. Ecole Polytechnique, 1er exercice de lavis).

Nous donnons cet exemple comme application du principe des distances : le fragment d'édifice représenté ne comporte que des plans de front situés à des distances différentes.

Le dessin sera exécuté sur une feuille 1/4 grand aigle (cadre 240mm × 400mm, marge 40mm) à une échelle qui sera le double de celle du croquis ci-joint, c'est-à-dire de 0m,04 pour 1 mètre. Voici la marche à suivre.

(*a*) *Dessin.* — Dessiner les arêtes à l'encre, avant de commencer le lavis (trait assez gros d'encre de Chine). Tracer les lignes d'ombre, les filets de lumière et les filets de reflet au crayon (n° 3, trait fin). — Le rayon lumineux direct est incliné à 45° suivant l'usage.

(*b*) *Ombres.* — Préparer dans un godet la teinte d'ombre (teinte d'encre de Chine, gris peu foncé, transparence 2/3) et passer cette teinte sur toutes les surfaces dans l'ombre, sans exception. Au préalable donner un coup d'éponge ; tamponner fortement la feuille avec un linge bien sec et passer la teinte tandis que le papier garde encore un certain degré d'humidité, sans cependant être mouillé. — Ne ménager avec cette teinte aucun filet de reflet. Ces derniers n'apparaîtront qu'avec les teintes d'ombres portées et de contre-ombres.

(*c*) *Teintes locales.* — Il n'y aura qu'une seule teinte locale devant figurer la pierre. Prendre soit une teinte légère d'ocre jaune mêlé d'un peu de carmin, soit une teinte légère d'encre de Chine, si l'on fait le lavis en camaïeu. Passer cette teinte sur toutes les surfaces, qu'elles soient dans l'ombre ou dans la lumière, qu'elles soient en premier ou en second plan. — Ménager tous les filets de lumière dans les premiers plans (N, N). Ne pas les ménager dans les seconds plans (M, M). Ne pas s'occuper encore des filets de reflet dans les ombres.

Pour faire avancer les premiers plans et les détacher en clair, passer un glacis (teinte extrêmement faible d'encre de Chine) sur les seconds plans tels que M et M' ; en passant ce glacis, ménager alors les filets de lumière du second plan. Nous rappelons que le principe des distances, qu'il faut observer, est le suivant.

(*d*) *Principe.* — Toute surface dans la lumière, si sa teinte locale est claire, doit être d'autant plus claire qu'elle est plus près de l'œil. Si sa teinte locale était foncée de sa nature (ardoise, fonte, granit...) ce serait le contraire. On suppose ici que la pierre est d'un ton naturel jaune clair.

Les filets de lumière se ménagent sur les arêtes supérieures et sur celles de gauche des surfaces éclairées. Les filets de reflet se placent sur les arêtes inférieures et sur les arêtes de droite des surfaces dans l'ombre, c'est-à-dire sur les arêtes qui porteraient ombre si elles étaient éclairées.

(*e*) *Ombres portées.* — *Principe.* — Toute surface dans l'ombre est d'autant plus noire : 1° qu'elle est plus près de l'œil ; 2° qu'elle est plus loin du sol, qui est la source principale des reflets ; 3° qu'elle est plus étroite et qu'elle se détache sur un fond plus clair. (Effets d'irradiation et de contraste.)

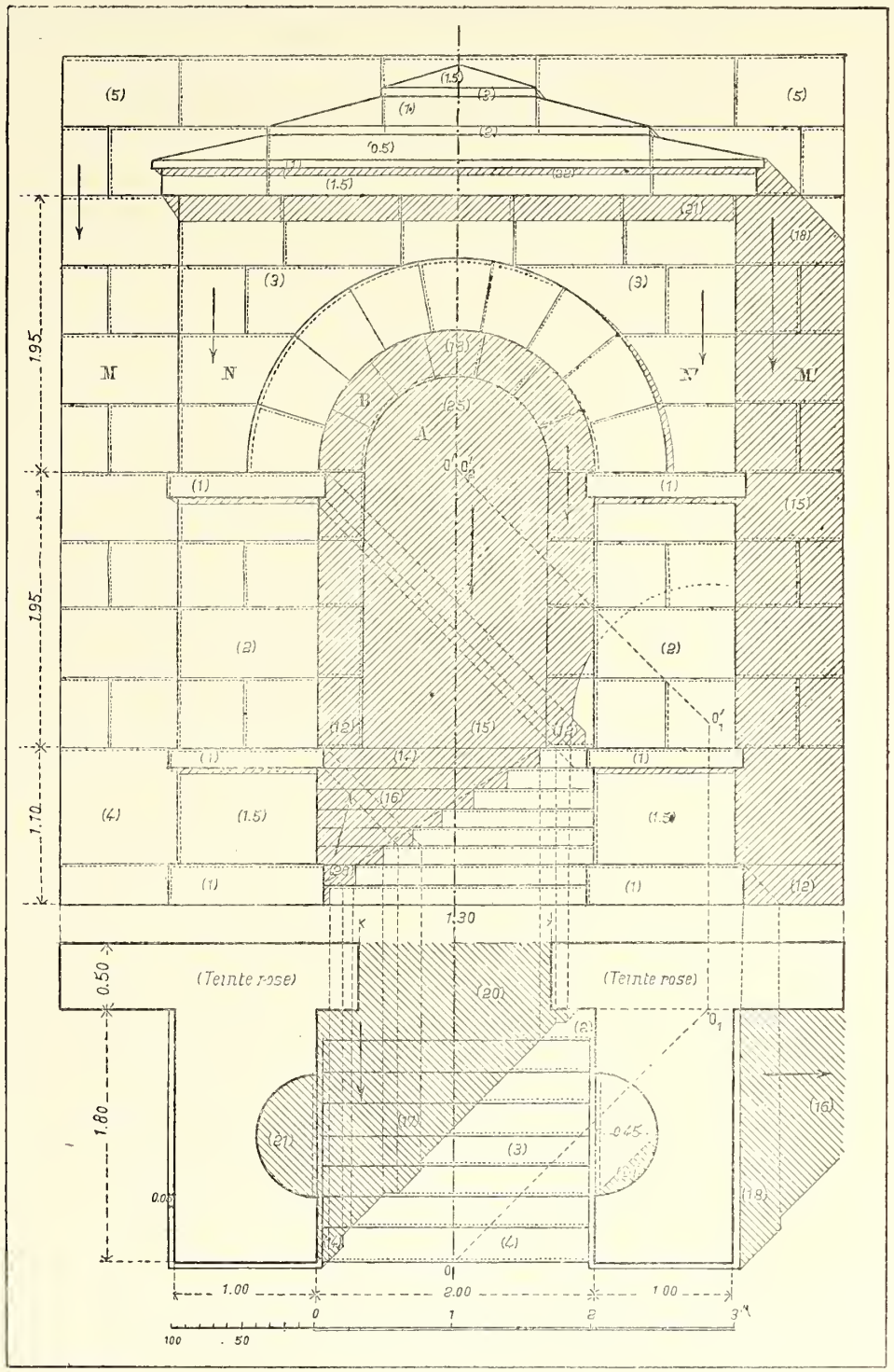
En conséquence : 1° Les teintes d'ombre du second plan

M et M′ seront plus claires que celles du premier plan N ;

2° Les grandes ombres verticales, telles que A, B et M′, seront dégradées de haut en bas.

(*f*) *Exécution.* — Prendre une teinte de contre-ombre, plus foncée que la première teinte générale d'ombre et la passer, *en ménageant alors* les filets de reflets. Pour faciliter l'exécu-

Fig. 153



tion du lavis nous avons, sur le croquis ci-joint, donné les indications suivantes.

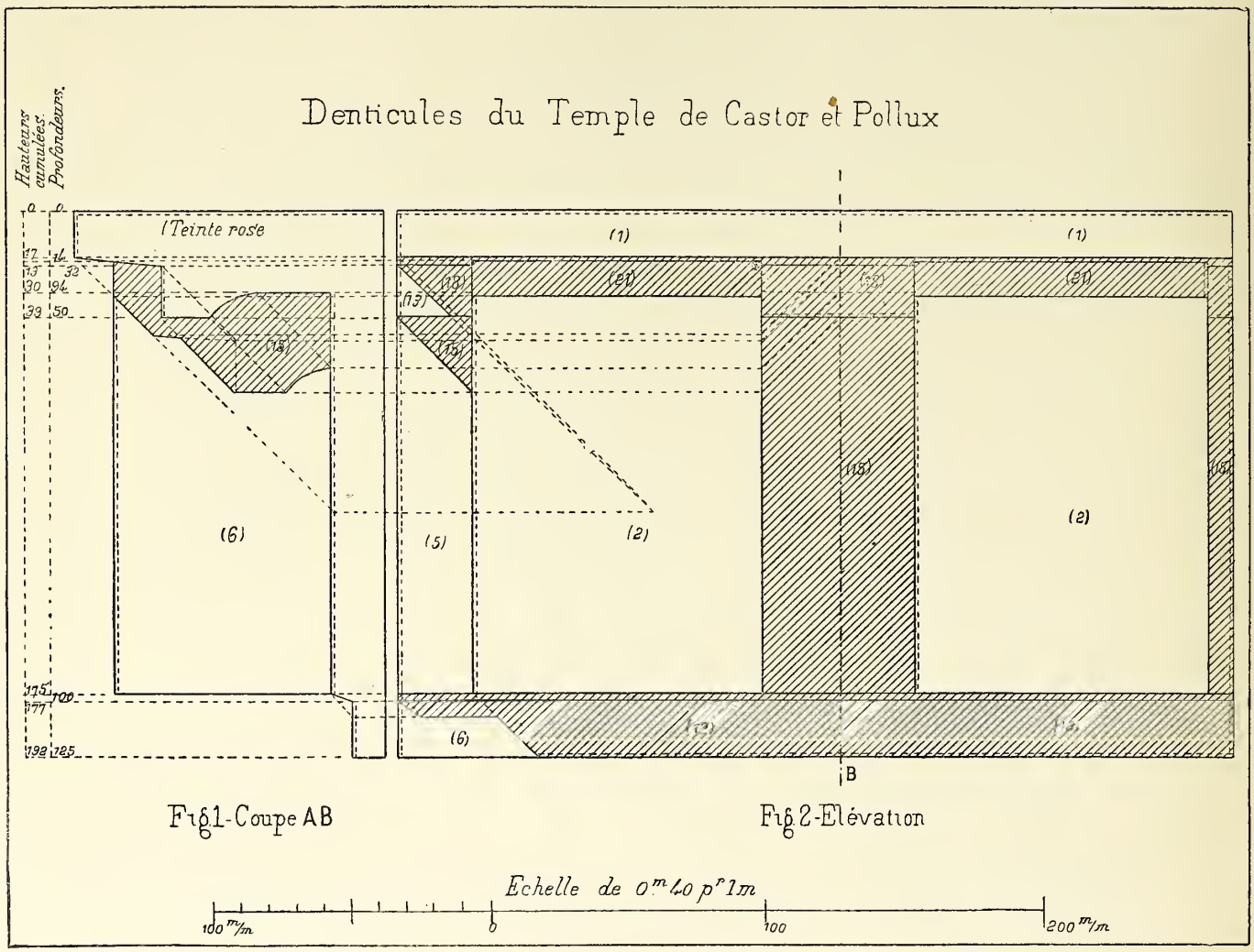
1° Les flèches indiquent le sens de la dégradation des teintes. La pointe se dirigeant vers la partie la plus claire ;

2° Les numéros placés, entre parenthèses, sur les divers points du croquis, indiquent d'une manière approchée les

intensités des teintes qui doivent recouvrir les surfaces situées autour de ces points.

Ainsi, par exemple, (1) indique une teinte très légère, presque de l'eau pure — (12) une teinte moyenne entre le blanc et le noir absolus — (21, 22) un gris très intense — (25) une teinte presque noire.

Fig. 154



111. Autre application. Les Denticules (fig. 154).

Ce fragment d'architecture fait partie de la collection des modèles en plâtre que possèdent tous les établissements universitaires de France. Les dimensions sont données, en millimètres, sur le croquis ci-joint. Les numéros entre parenthèses (1), (2)... (15), ont la même signification que pour l'exercice précédent; ils indiquent, *approximativement*, les valeurs relatives à attribuer aux teintes du rendu.

§ II. — Moulures cylindriques

112. Rendu des moulures cylindriques (fig. 154, 155, 156, 157. — Ecole Polytechnique, 2e exercice de lavis).

(*a*) *Traits.* — Les dimensions sont données, en millimètres, sur les croquis ci-joints. Les chiffres tels que 1, 2..., marqués sur les côtés, entre deux lignes verticales, sont des nombres proportionnels qui indiquent les proportions, en hauteur, des différentes parties.

Les petits triangles rectangles dessinés sur le côté des moulures indiquent, par leurs hypoténuses, la pente générale des profils (lignes telles que AB, AB joignant le point saillant A au point rentrant B). Sur le croquis les profils sont, en général, inclinés à 3 de base pour 4 de hauteur. Le rayon lumineux est à 45° suivant l'usage.

Les lignes d'arêtes ou de contours seront tracées à l'encre

de Chine (trait de grosseur moyenne et pas très noir).

Les lignes d'ombres et les lignes de teintes seront faites au crayon (trait fin, crayon n° 3).

On tracera légèrement les lignes de teintes dans la lumière ainsi que les filets de lumière et de reflets. Les lignes situées dans les ombres propres ($\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$) et surtout dans les ombres portées, seront plus accusées. Le croquis ci-joint indique, d'ailleurs, toutes ces différences.

(*b*) *Tracé des lignes d'ombres et de teintes.* — La première moulure (baguette ou gorge) est formée par un demi-cylindre de révolution, plein ou creux. C'est à elle que l'on rapportera toutes les autres, en y comparant les orienta-

Fig. 154

Moulures droites, à profils simples.
Baguette — Quart de rond — Cavet.

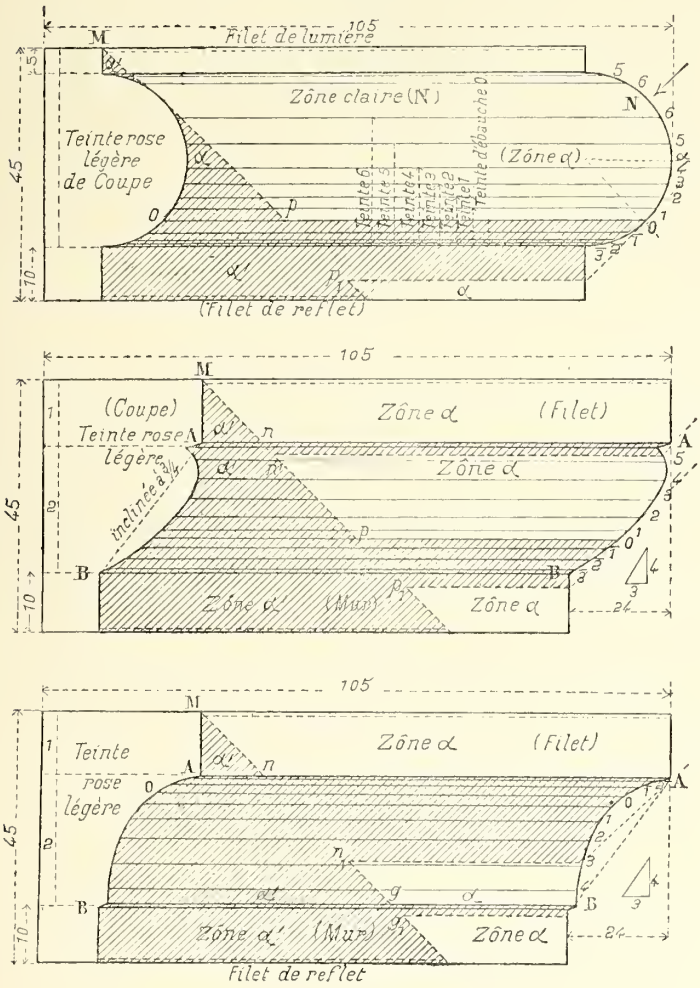
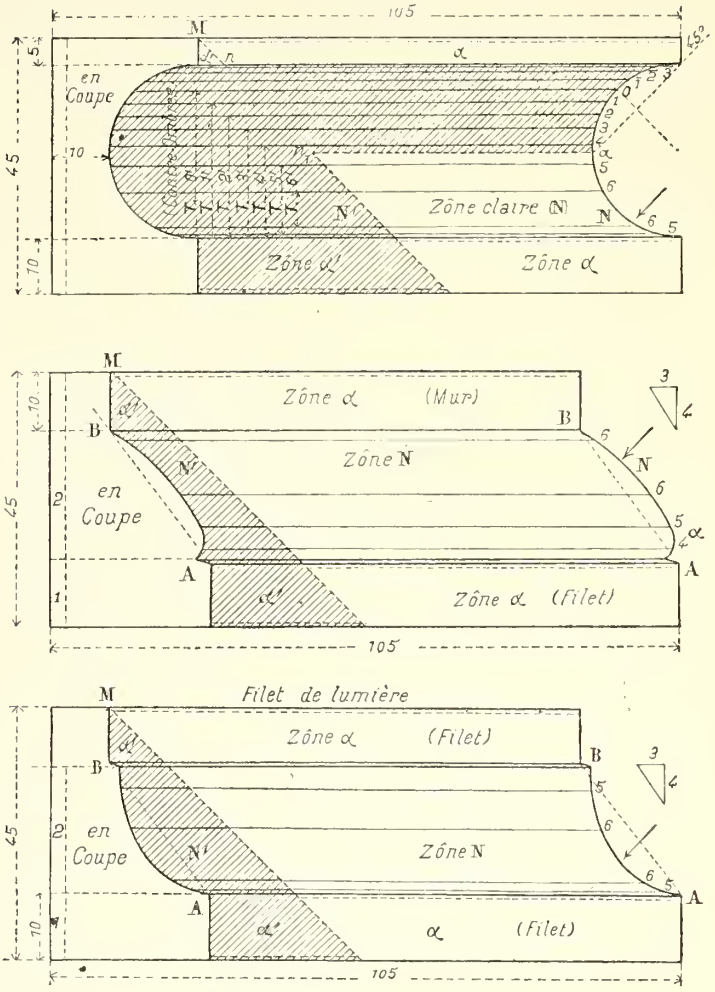


Fig. 155

Moulures renversées, à profils simples.
Gorge — Quart de rond — Cavet.



tions des plans tangents. On suppose que les moulures sont en pierre dépolie. Un cylindre de révolution, circonscrit à une sphère dépolie (Voir les surfaces dépolies) pourrait à la rigueur, ainsi que nous l'avons dit, ne se diviser qu'en 4 zones bien distinctes : 1° *Zone d'ombre propre*, commençant à la ligne n° 0 et comprenant les teintes négatives $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$ répondant au rayon lumineux tangent à 45°. — 2° *Zone claire* ou zone β, comprise entre les lignes 7, 7, ou à la rigueur 6, 6, répondant au rayon lumineux normal. — 3° *Zone saturée* ou zone α, comprise entre les teintes 4 et 5, et sur laquelle on doit trouver, dans toute sa pureté, la teinte locale de couleur de l'objet. Elle répond, par convention, à un plan tangent de front, c'est-à-dire à une tangente verticale menée en α aux profils. — 4° *Zone de transition* ou de demi-teinte, comprenant les lignes 2, 3, et qui serait recouverte d'une teinte grise, formant transition entre l'ombre et la couleur.

Pour des moulures dessinées à petite échelle, ces quatre zones suffiraient et trois teintes, savoir : (*a*) la teinte d'ombre, (*b*) la teinte de couleur, (*c*) la teinte de transition, permettraient d'en rendre le modelé.

Dans le cas actuel, l'échelle assez grande des dessins permet de se servir de 6 lignes de teintes.

On divisera d'abord les 2 premières moulures (baguette

et gorge). On pourra se servir, pour cela, de l'échelle A, corps dépolis.

Pour les autres on procédera comme il suit :

1° On mènera toutes les tangentes à 45°. Les contacts

Fig. 156

Moulures à profils composés. — Talon droit et talon renversé.

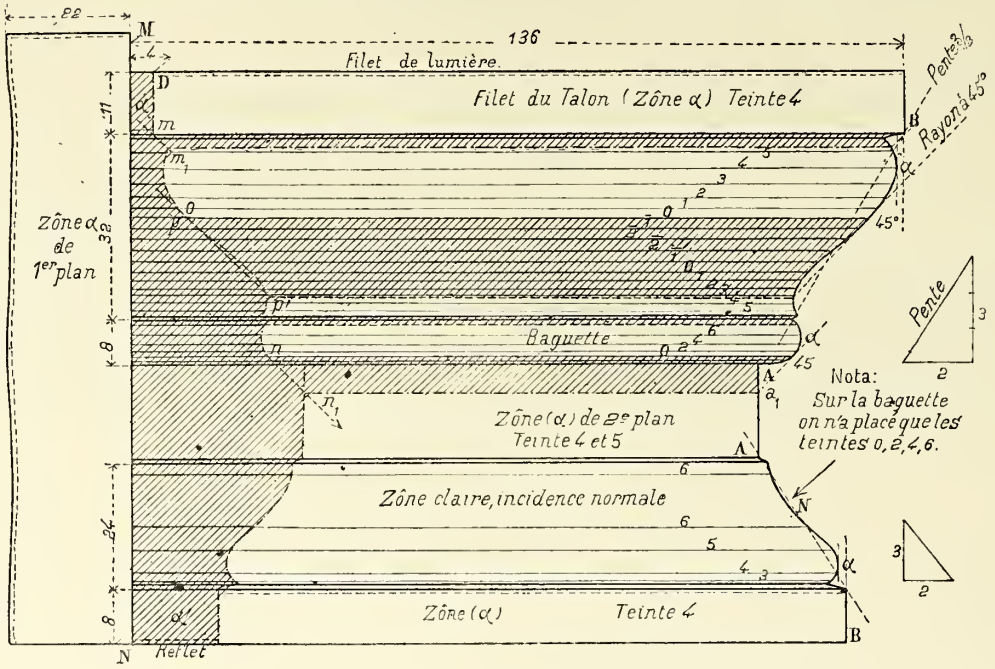
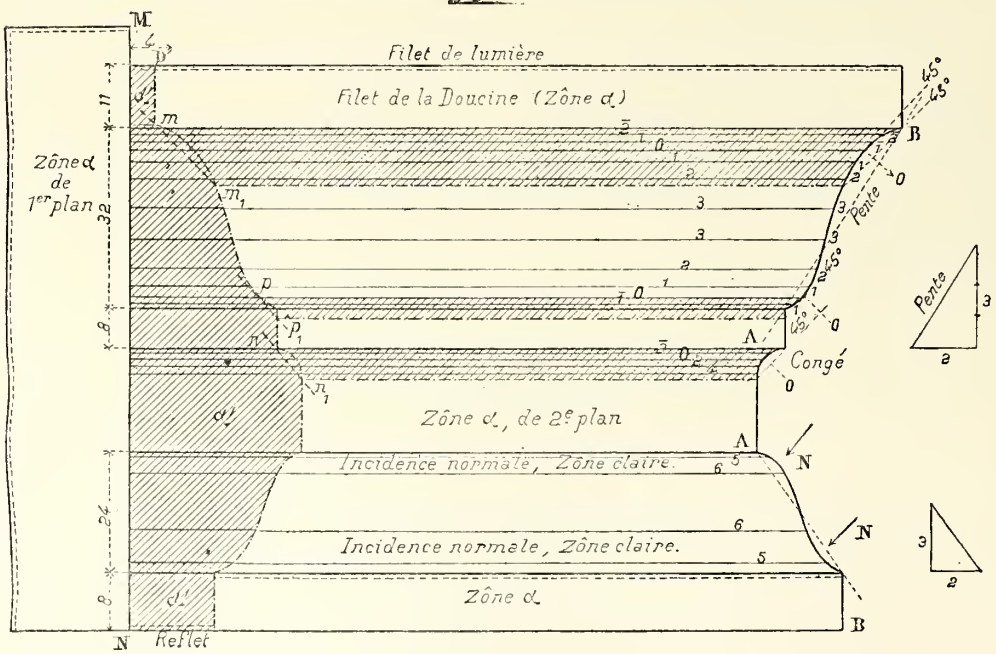


Fig. 157

Moulures à profils composés. — Doucine droite et doucine renversée.

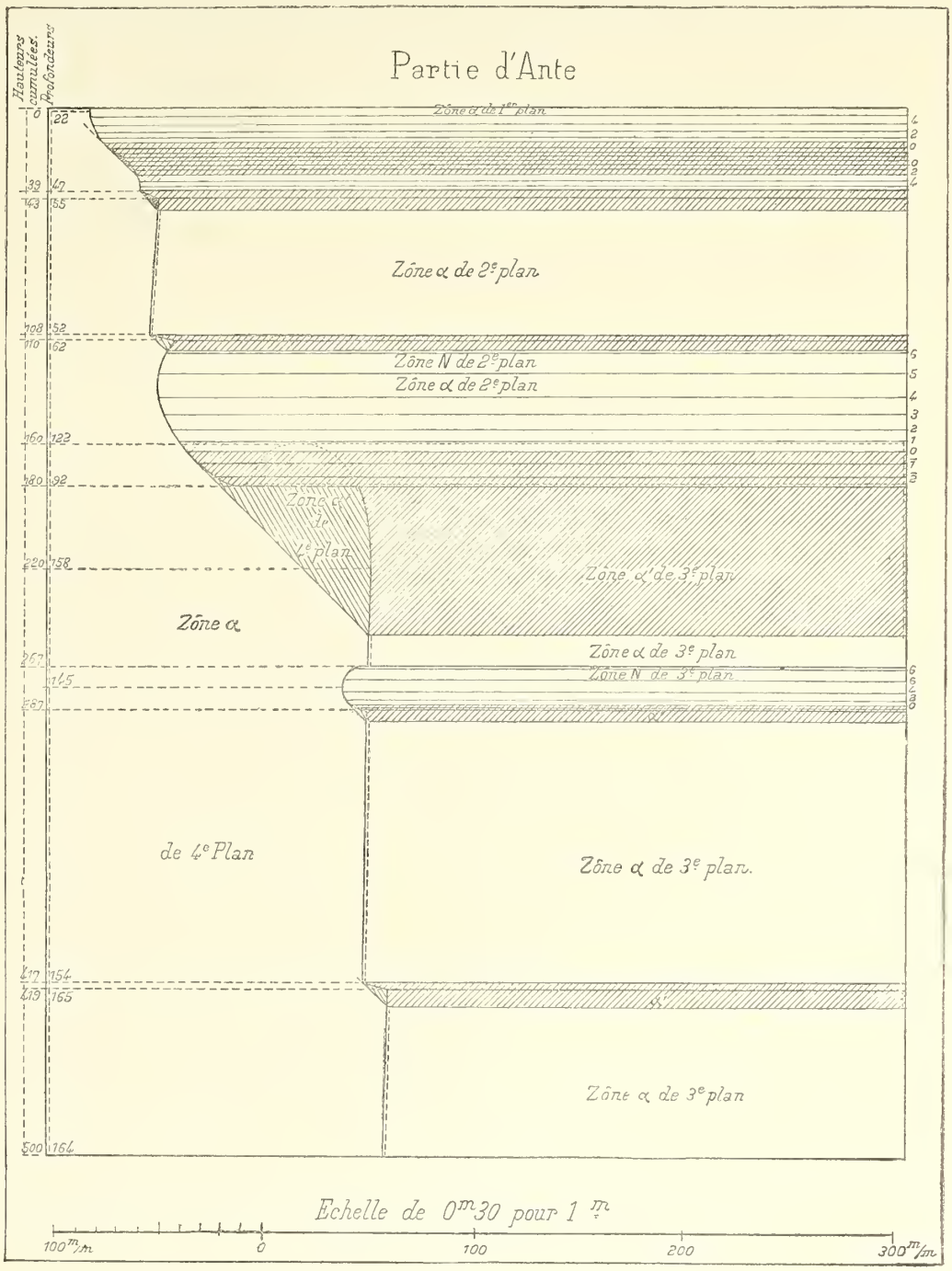


donneront les lignes n° 0. Les unes *réelles*, si le profil est convexe; les autres *virtuelles*, si le profil est concave. Ces dernières seront noyées dans une ombre portée par la moulure sur elle-même.

2° On mènera les tangentes verticales. Les points de contact, α, devront être compris entre les lignes n° 4 et n° 5. Entre 0 et α on placera donc, au jugé, les points 1, 2, 3, 4. De l'autre côté des points n° 0, on placera les points négatifs $\overline{1}$, $\overline{2}$, et s'il y a lieu $\overline{3}$.

3° On tracera les normales à 45° (s'il y en a). Les points

Fig. 158



d'incidence normale seront les centres approchés des zones claires 6, 6.

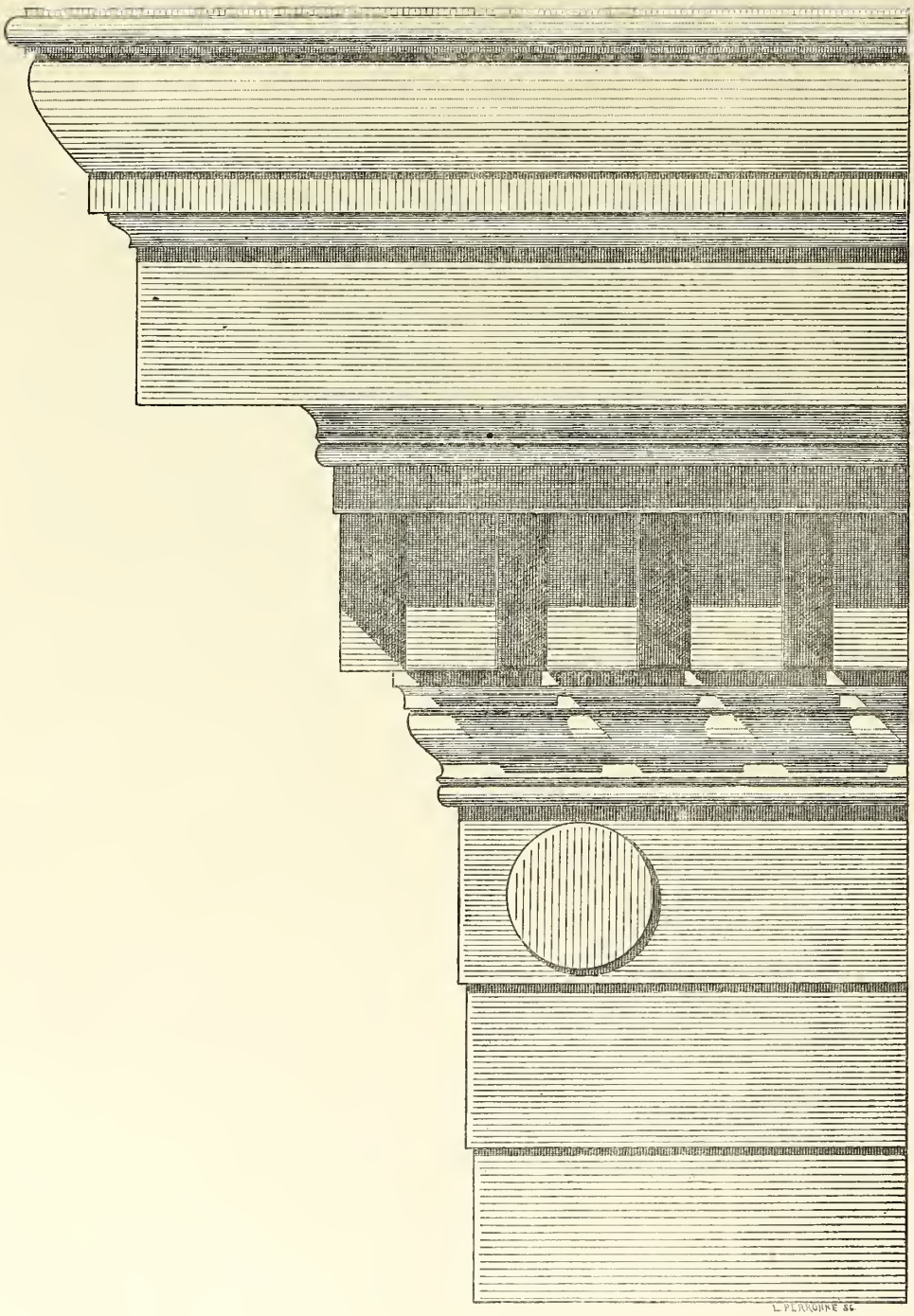
(c) *Exécution du Lavis.* — (Voir plus haut, pratique du Lavis ; d'ailleurs les flèches indiquées sur la baguette et sur la gorge indiquent l'ordre de passage des teintes.) — Pour les ombres portées, ne pas oublier ce principe. Une zone dans l'ombre portée doit être d'autant plus foncée qu'elle eût été plus claire sans l'existence de l'ombre portée.

(d) *Observations.* — 1° La première teinte d'ombre, dite

teinte d'ébauche, se passe sur toutes les ombres indifférem- | ment (ombres propres et ombres portées) sans ménager les

Fig. 159

Entablement de la tribune des cariatides, à Athènes.



filets de reflets, lesquels n'apparaîtront qu'avec les teintes d'ombres portées, 6′, 5′, etc.

2° Les premières teintes, 0, 1, 2, 3, 4, sont des teintes faites avec de l'encre de Chine ou avec la couleur qui doit rendre les effets de l'ombre ; elles sont de plus en plus faibles. La dernière doit être très légère.

Les teintes 5 et 6 sont des teintes de couleur (ocre jaune très dilué et un peu de carmin).

(*e*) *Nota.* — Ces teintes (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6), qui, dans les lumières et dans les ombres propres, se passent en empiétant successivement les unes sur les autres, doivent, *toutes*, recouvrir en entier les ombres portées.

3° Les teintes d'ombres portées, 6′, 5′, 4′, ... sur les cylindres, se passent en recouvrement les unes sur les autres et exclusivement dans les ombres portées. Aucune d'elles ne doit atteindre de ligne négative. La dernière vient se limiter à la ligne n° 0.

4° Les ombres portées sur les surfaces planes se font en dernier lieu et par une seule teinte, composée exprès, de manière à donner à ces surfaces planes l'intensité des zones qui, sur les cylindres, ont les mêmes orientations qu'elles. C'est alors que l'on ménage les filets de reflets et que l'on tient compte, dans une certaine mesure, des effets de distance.

5° On ne doit mettre aucun trait de force.

113. Application. Partie d'ante (fig. 158).

Une *ante*, dans l'architecture grecque à laquelle est emprunté cet exemple, est une sorte de chapiteau destiné à couronner un *pilastre*. Le fragment d'architecture, dont le croquis est ci-joint, fait partie de la collection des modèles des établissements universitaires. On exécutera le lavis en se conformant aux explications données pour les moulures, explications qui sont, d'ailleurs, résumées graphiquement sur le croquis.

114. Application. — Entablement de la tribune des cariatides, à Athènes (fig. 159). — **Rendu à l'effet, à teintes plates ou à teintes fondues.**

(*a*) *Teinte de pierre.* — Cette teinte doit avoir une couleur en rapport avec la nature de la pierre. Quelques aquarelles, exécutées d'après nature, en apprendront plus sur ce point que tout ce que l'on pourrait dire. Néanmoins, pour le fragment en question, qui est en marbre pentélique, d'une coloration jaune doré très prononcée, on rendra l'effet par une teinte d'ocre jaune additionnée de terre de Sienne brûlée ou de pierre de fiel. On passera cette teinte en la dégradant de haut en bas, c'est-à-dire en la tenant plus intense à la partie supérieure. On aura soin de ménager en blanc les filets de lumière sur les arêtes éclairées. On ménagera aussi et même d'une façon un peu heurtée, cela n'a pas d'inconvénient avec la couleur jaune, toutes les zones éclairées des moulures (zones 7, 7), à la condition, toutefois, qu'elles soient en lumière, car nous savons que, si elles sont dans l'ombre, loin d'être les plus éclairées, elles seront les plus obscures.

(*b*) *Teinte générale d'ombre, ou teinte d'ébauche.* — On lui donnera le ton voulu pour être en rapport avec la teinte de pierre. C'est encore l'étude d'après nature qui permettra de bien choisir le ton des ombres. Dans le cas actuel, on fera bien de prendre l'encre de Chine pour fond des teintes d'ombres, mais on pourra lui donner une couleur plus légère et, en quelque sorte, plus aérienne, en y ajoutant un peu de laque carminée et de bleu de cobalt. Cette teinte sera passée, *sans faire aucune réserve de filets de reflets*, sur toutes les ombres, propres ou portées, sans distinction. On la commence à la partie supérieure du dessin, on la descend et, tout en la descendant, on la dégrade en y ajoutant peu à peu de l'eau.

Cette teinte d'ébauche ne doit pas être très forte. Elle doit posséder le ton que l'on veut attribuer, dans les ombres, aux parties les plus en reflet. Ces parties sont les dessous des talons, l'ombre propre des baguettes, etc..., en un mot toutes les zones négatives $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$, $\overline{4}$... des moulures.

(*c*) *Modelé des moulures.* — On s'occupe alors du rendu des moulures avant de songer au rendu des surfaces planes, parce que, en chaque point, ce sera la moulure qui s'y trouve qui donnera la valeur de la teinte à appliquer sur les plans qui sont aux environs (Voir plus haut n° 108).

Nous avons appris à laver les moulures à teintes plates, ce qui nous renseigne sur l'effet à obtenir dans le cas où l'on opérerait à teintes fondues ou adoucies (Voir pratique du Lavis). On observera bien le principe des ombres portées.

(*d*) *Tons locaux des surfaces planes.* — Nous trouvons des surfaces planes à différentes hauteurs et à différentes profondeurs, mais nous avons toujours une ou deux moulures placées à côté d'elles, soit au-dessus, soit au-dessous, et qui ont été terminées, comme lavis, dans l'opération précédente.

On sera donc fixé sur le ton, soit d'ombre, soit de couleur, qui convient à ces plans, en cherchant sur les moulures le ton de la zone de même orientation. Ici ce sera pour tous les plans la zone des plans de front ou zone α, soit dans la lumière, soit dans l'ombre ; mais, s'il y avait eu des plans inclinés, on aurait trouvé, comme analogues, d'autres zones sur les moulures. Une fois l'analogie d'orientation reconnue, on place sur les plans les teintes voulues pour qu'il y ait concordance d'intensité. C'est ce que nous avons appelé plus haut (n° 108) la *mise à l'unisson* des plans avec les surfaces. Ces teintes sont passées *en réserve*, c'est-à-dire en ménageant les filets de reflets sur les arêtes qui regardent le rayon aéro-terrestre.

(*e*) *Contre-ombres.* — On se rappelle que ce sont les ombres portées dans les ombres par le rayon aéro-terrestre. On les voit, à gauche des denticules, où elles s'accusent par des lignes à 45°, issues des angles inférieurs. Nous avons recommandé (n° 109-*f*) de les faire à teintes rapidement fondues, en plaçant la partie la plus noire immédiatement à côté de la partie qui porte contre-ombre.

(*f*) *Retouches.* — Le lavis général une fois fini, il est utile, pour augmenter l'effet produit, de revenir avec de la teinte de couleur ou de la teinte d'ombre sur certaines parties, soit pour les faire tourner davantage, soit pour les faire avancer ou reculer.

On fait *avancer* les parties en lumière en y plaçant quelques tons plus chauds, c'est-à-dire plus jaunes ou plus rouges ; on fait avancer les parties dans l'ombre en forçant la teinte d'ombre et même en la colorant de bistre (Sépia et terre de Sienne brûlée).

On fait *reculer* les plans en y passant des teintes très légères, bleuâtres ou neutres. On nomme ces teintes des *glacis.*

On fait également avancer une partie de l'édifice en la *faisant* davantage, c'est-à-dire en y plaçant plus de détails et en rendant avec plus de recherche l'effet de ces détails. On la fait reculer en la laissant un peu dans le vague, à la fois, comme dessin et comme lavis.

§ III. — Moulures de révolution.

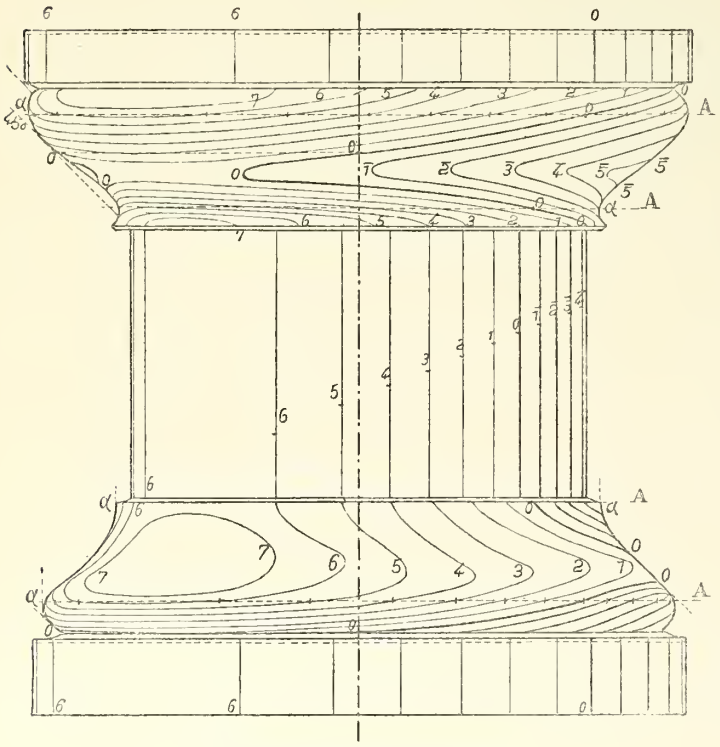
115. Rendu des moulures annulaires.

Si l'on fait tourner autour d'un axe l'un des profils de moulures étudiés ci-dessus on engendre des surfaces de révolution qui constituent ce que l'on nomme des *moulures annulaires ou de révolution.*

La figure 160 représente, en haut, un talon annulaire droit et, en bas, un autre renversé. La figure 161 reproduit une doucine annulaire dans les deux positions, droite ou renversée.

Fig. 160

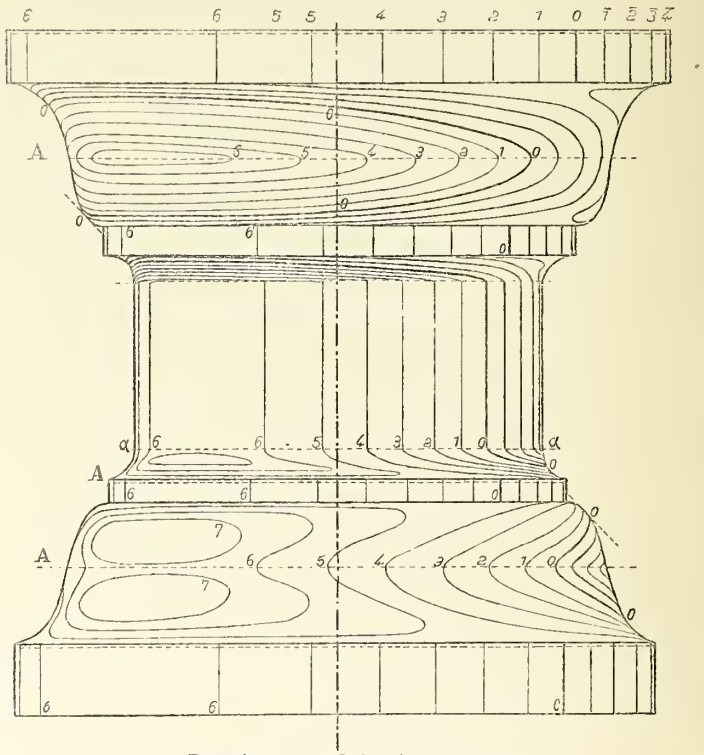
(*Talon annulaire droit*).



Talon annulaire renversé.

Fig. 161

Doucine annulaire (*droite*).



Doucine annulaire (*renversée*).

Les ombres portées ne sont pas indiquées ; on les tracera comme il a été dit aux ombres usuelles.

Ces moulures se rencontrent dans les colonnes, dans les vases, dans les balustres, etc...

Nous avons mené aux profils les tangentes verticales aux points marqués α, α, ... et, le long des parallèles qui répondent à ces points, on a pu circonscrire des cylindres verticaux (Echelle A, page 66).

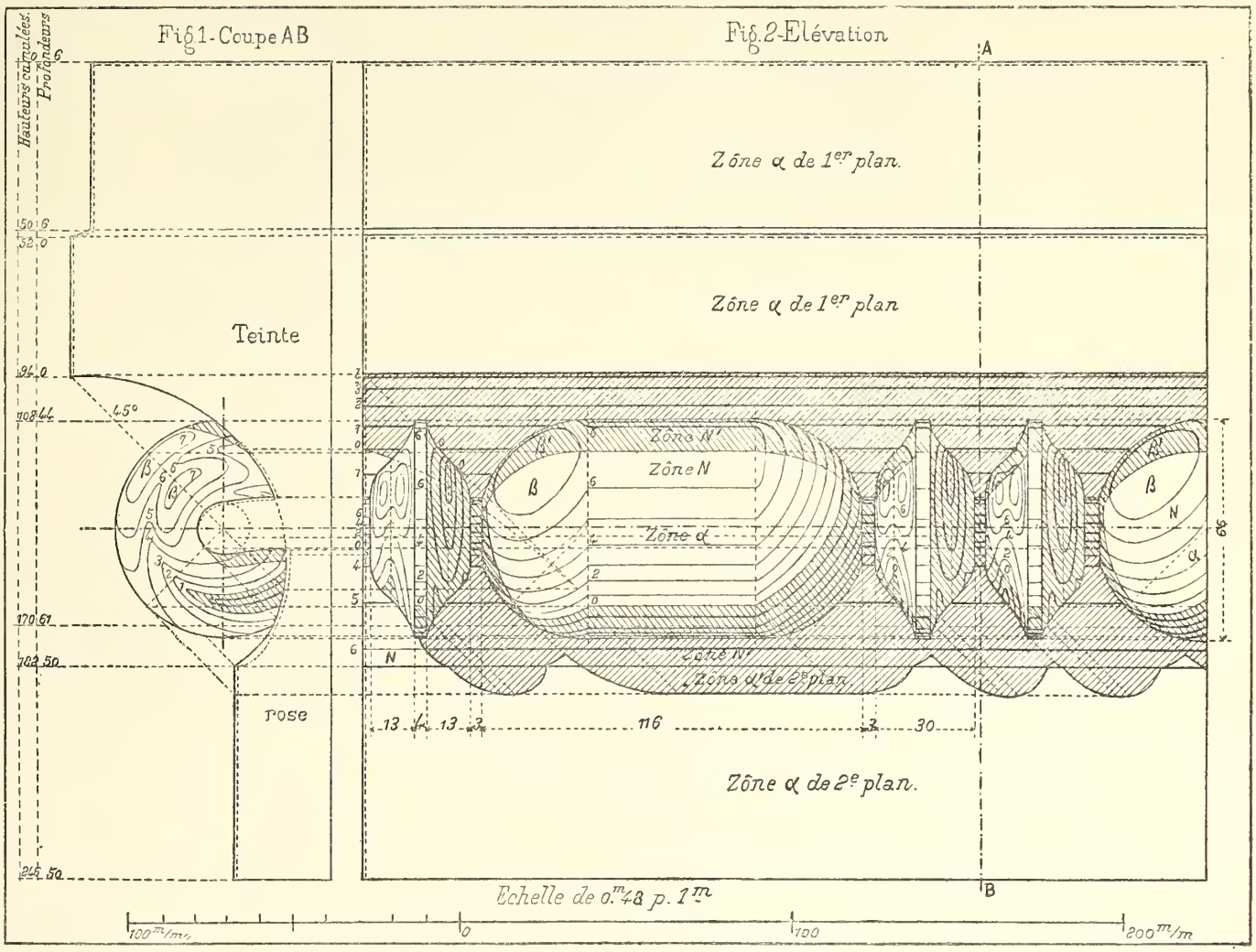
Nous avons donc appliqué sur tous ces parallèles l'échelle A (corps dépolis), et cela nous a suffi pour tracer les lignes de teintes. D'ailleurs, sur les méridiens de front et de profil, nous avons placé les numéros comme nous aurions fait sur les moulures cylindriques. (V. plus haut fig. 156 et 157).

On aura toujours soin, dans un cas analogue, de mener

aux profils les tangentes à 45°, ce qui donne des points zéro de contour apparent, et de commencer par tracer les séparatrices d'ombre propre (Lignes n° 0) réelles ou virtuelles. Le lecteur fera bien d'exécuter le lavis de ces moulures, une première fois à teintes plates et une seconde fois à teintes fondues.

116. Première application. — Perles et pirouettes (1) (fig. 162. — Collection des modèles officiels du Ministère de l'Instruction publique). — Ces ornements s'appliquent à la moulure que nous avons désignée sous le nom de baguette (v. plus haut fig. 154). Les *perles* sont constituées par des cylindres terminés à chaque extrémité par une

Fig. 162



demi-sphère. Les *pirouettes* ont pour profil une doucine.

Pour cette application, comme pour toutes celles qui vont suivre, le croquis est assez explicite pour qu'il soit inutile de donner des explications écrites.

117. Deuxième application. — Vase cratère (fig. 163. — Collection des modèles officiels du Ministère de l'Instruction publique). — Ce vase est tiré, comme le suivant (Amphore), de la collection des vases grecs du Musée du Louvre. Toutes les moulures ou surfaces qu'il comporte ont été étudiées plus haut, comme ombres et comme rendu. On remarquera que les anses sont soudées à la panse mais sans se raccorder ; c'est pourquoi il y a sur les intersections de la panse et des anses une interruption brusque entre les lignes de teintes ; il en est de même à l'intersection de la partie conique du vase et de sa panse.

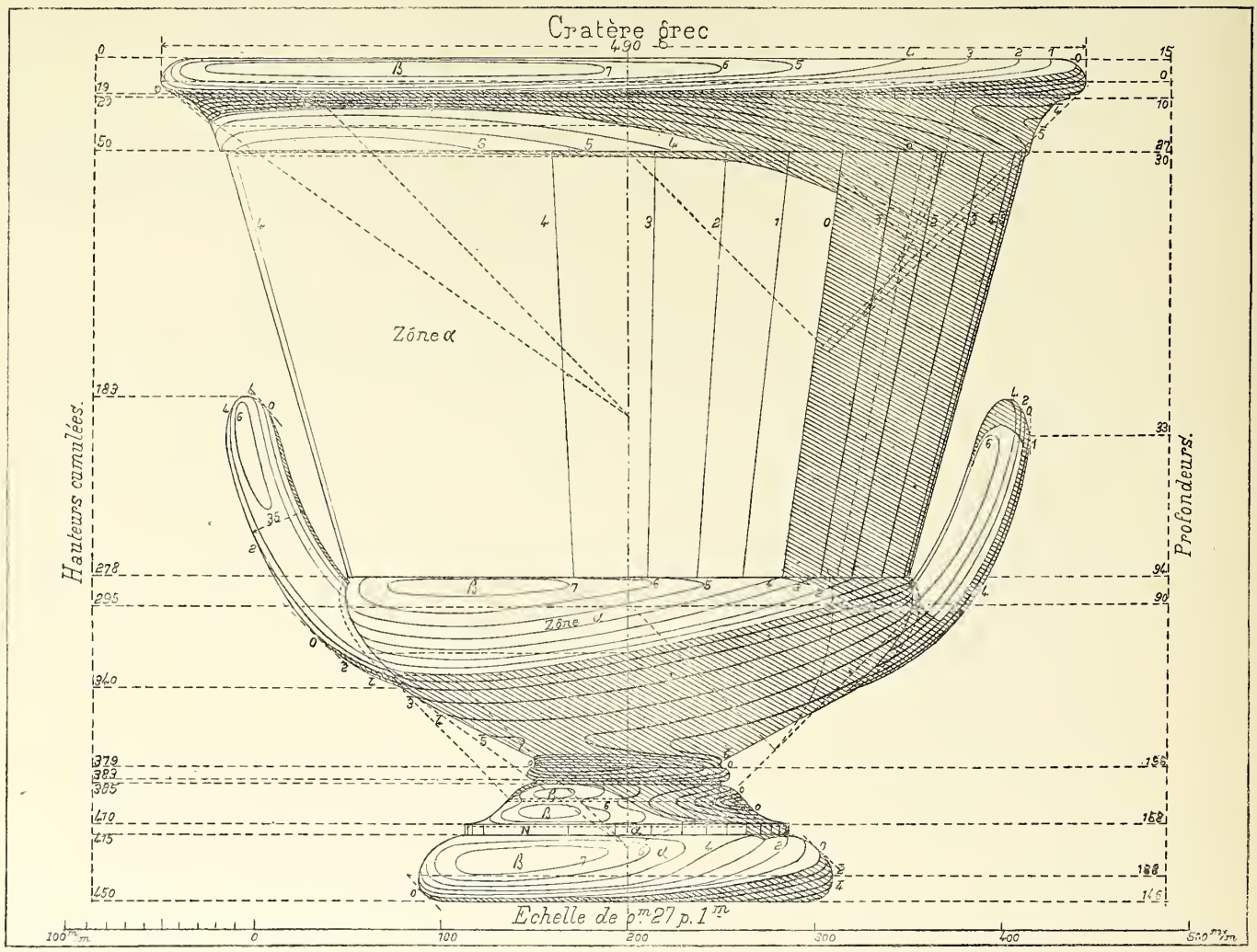
118. 3e Application : Amphore grecque (fig. 164. Collection des modèles officiels.) — Contrairement à ce qui a lieu pour le vase cratère, les anses et les deux parties de la panse se raccordent entre elles. C'est pourquoi il n'y a pas

(1) Cette planche, ainsi que beaucoup de celles que nous donnons plus loin, sont empruntées aux cahiers de *dessin technique* de M. L. *Bécourt*. Nous remercions cet éminent Professeur ainsi que les Editeurs MM. Hachette et Ce de nous avoir autorisé à les reproduire dans la 3e édition de notre traité qu'elles enrichissent fort utilement.

discontinuité entre les lignes de teintes de ces diverses parties.

119. 4e Application : Piédestal et balustre (fig. 165). — Le croquis (page 96) a été, intentionnellement, simplifié comme tracé d'ombres, en ce qui regarde les ombres portées par le balustre sur les plans placés en arrière de lui et désignés par les mots : « zône α', de 2e plan et zône α' de 3e plan ». En réalité le balustre porterait ombre sur le premier de ces deux plans, et cette ombre ressauterait ensuite sur le second. Le lecteur qui voudra exécuter, en grand, ce lavis devra compléter le croquis ci-joint par une élévation et par un plan et déterminer ensuite les ombres, tout à fait rigoureusement.

Fig. 163



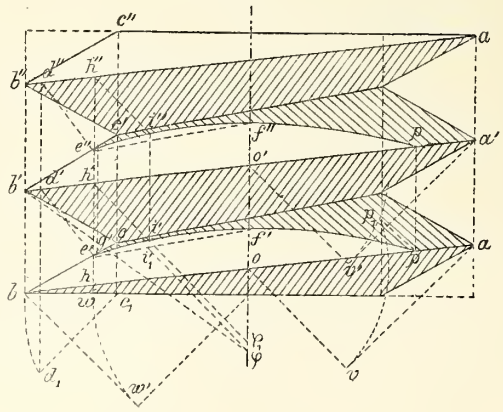
120. 5e Application : Chapiteau dorique romain et base attique (fig. 166 et 167, page 97).

Nota : Nous ne donnerons pas d'explications pour cet exercice. Les croquis sont suffisamment explicatifs.

121. Vis à filets triangulaires (fig. 168).

(*a*) *Représentation.* — On adopte la représentation simplifiée qui consiste : 1° A prendre pour contours apparents de la surface le triangle équilatéral générateur dans ses deux positions de front, l'une à gauche, l'autre à droite. On sait que le véritable contour apparent serait une courbe à branches infinies dont les côtés du triangle générateur

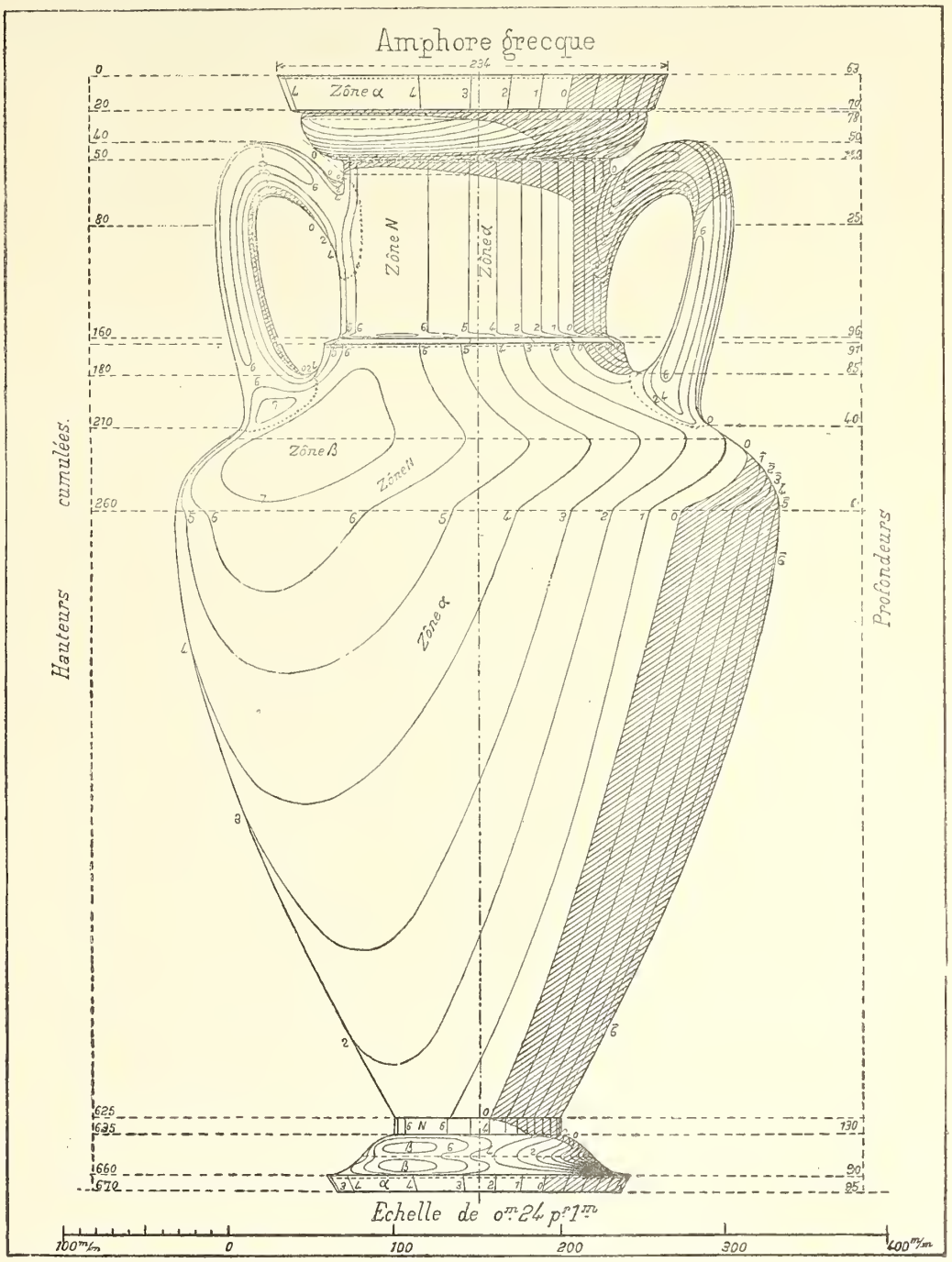
Fig. 168



seraient les asymptotes ; 2° A remplacer les sinusoïdes, qui seraient les véritables projections des hélices, par des lignes droites joignant les sommets analogues du triangle générateur.

(*b*) *Lignes de teintes.* — Ces simplifications reviennent, sensiblement, à substituer à l'hélicoïde de vis à filets triangulaires, deux cônes ayant pour base commune la ligne inclinée *b'a'*, c'est-à-dire une *ellipse* très peu différente d'un

Fig. 164



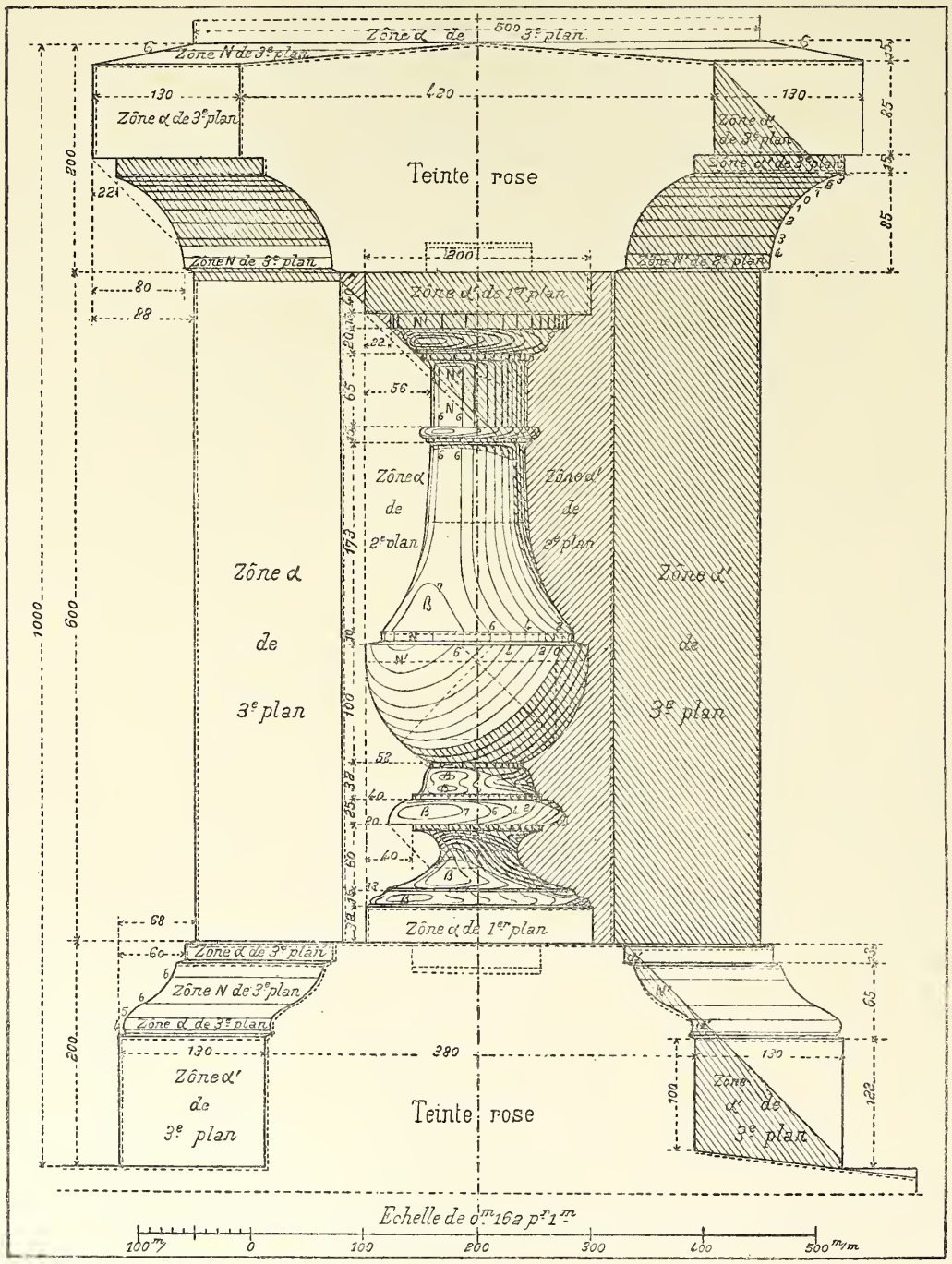
cercle, et dont les génératrices de contour apparent seraient inclinées à 60° sur l'axe. L'un de ces cônes aurait son sommet au-dessus de cette base inclinée et l'autre l'aurait au-dessous.

Quoique n'étant pas de révolution ces cônes auront leurs lignes de teintes sensiblement analogues à celles de cônes à 60° que l'on circonscrirait à la sphère type. (Le croquis ci-joint n'indique pas ces lignes teintes ; on devra les chercher et les tracer.)

(*c*) *Ombres portées.* — La courbe *e'f'p* est l'ombre portée

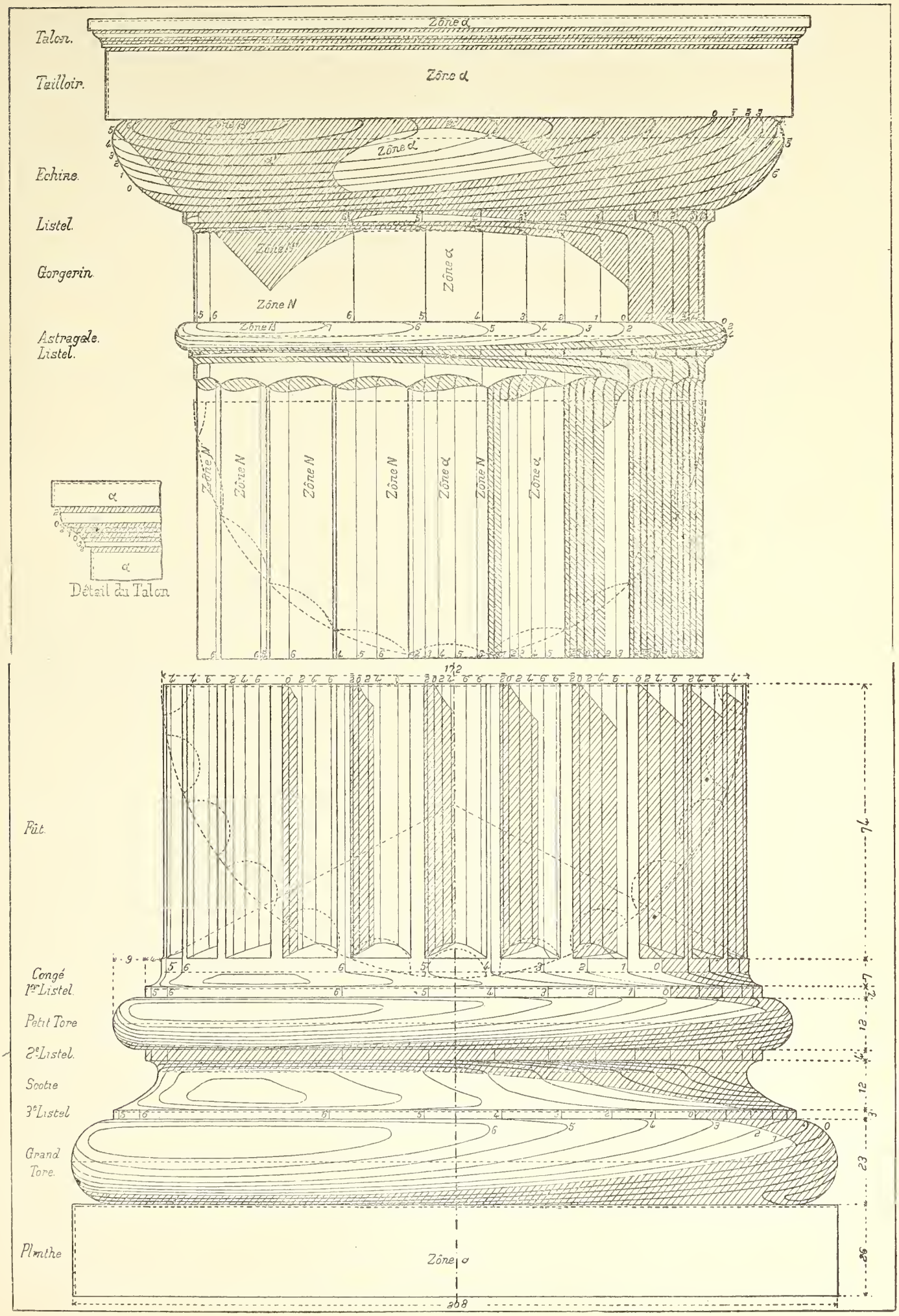
par l'hélice $b'a'$ (remplacée par une ellipse), sur l'hélicoïde de dessus (remplacé par un cône). Les points importants sont obtenus comme suit : 1° *Point limite* p, *sur la grande hélice.* Les cercles ov — $o'v'$ sont, *approximativement*, les ombres portées sur le mur fuyant à 45° par deux grandes hélices successives. Ils se rencontrent en un point p'_1, lequel est ramené à 45°, en p, sur l'hélice inférieure ba, 2° *Point le plus près* i''. Ce point est dans le méridien de

Fig. 165



symétrie à 45°. On amène, par une rotation hélicoïdale, ce méridien à être confondu avec le méridien principal $b'b$, c'est-à-dire avec le triangle générateur. Par b' on mène le rayon à l'angle φ, et on prend son intersection g'' avec le côté bg'' du triangle ; ce point est ensuite ramené en i'' par une rotation hélicoïdale inverse de 45°. En i'' la tangente est *sensiblement* parallèle à la petite hélice décrite par le sommet rentrant, etc., etc.

Fig. 166 et Fig. 167



CHAPITRE V

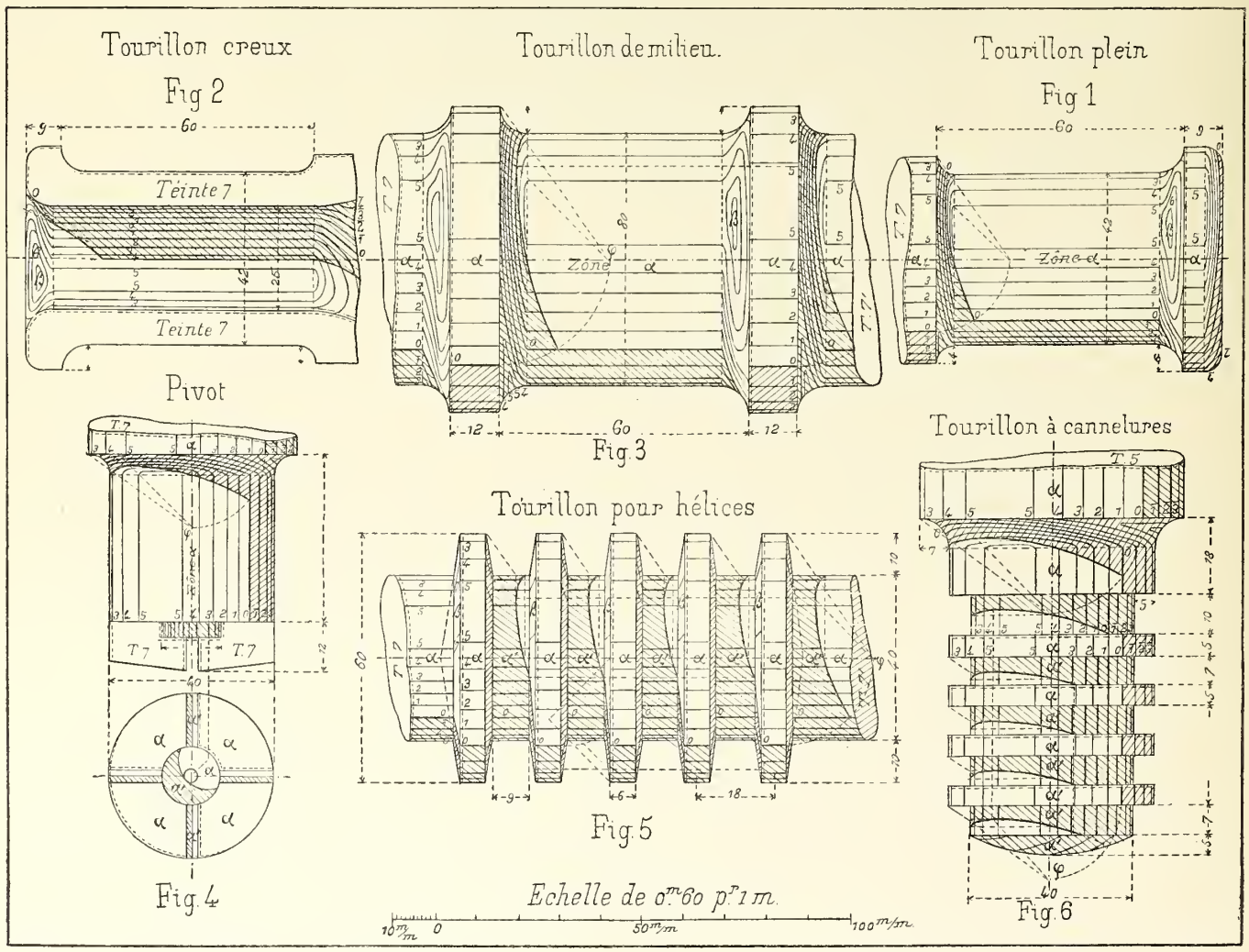
APPLICATIONS AU RENDU DANS LE DESSIN DE MACHINES

§ I. — Tourillons, vis et boulons

122. **Tourillons.** — La planche ci-contre (fig. 169), empruntée au *Dessin technique* de M. Bécourt, fait connaître :

a (fig. 1). — Un tourillon d'extrémité plein, pour arbre horizontal en fer.

Fig. 169



b (fig. 2). — Un tourillon d'extrémité, creux, pour arbre horizontal en fonte.

c (fig. 3). — Un tourillon de milieu.

d (fig. 5). — Un tourillon dit *à cannelures*, pour arbre d'hélice.

f (fig. 4). — Un pivot pour arbre vertical.

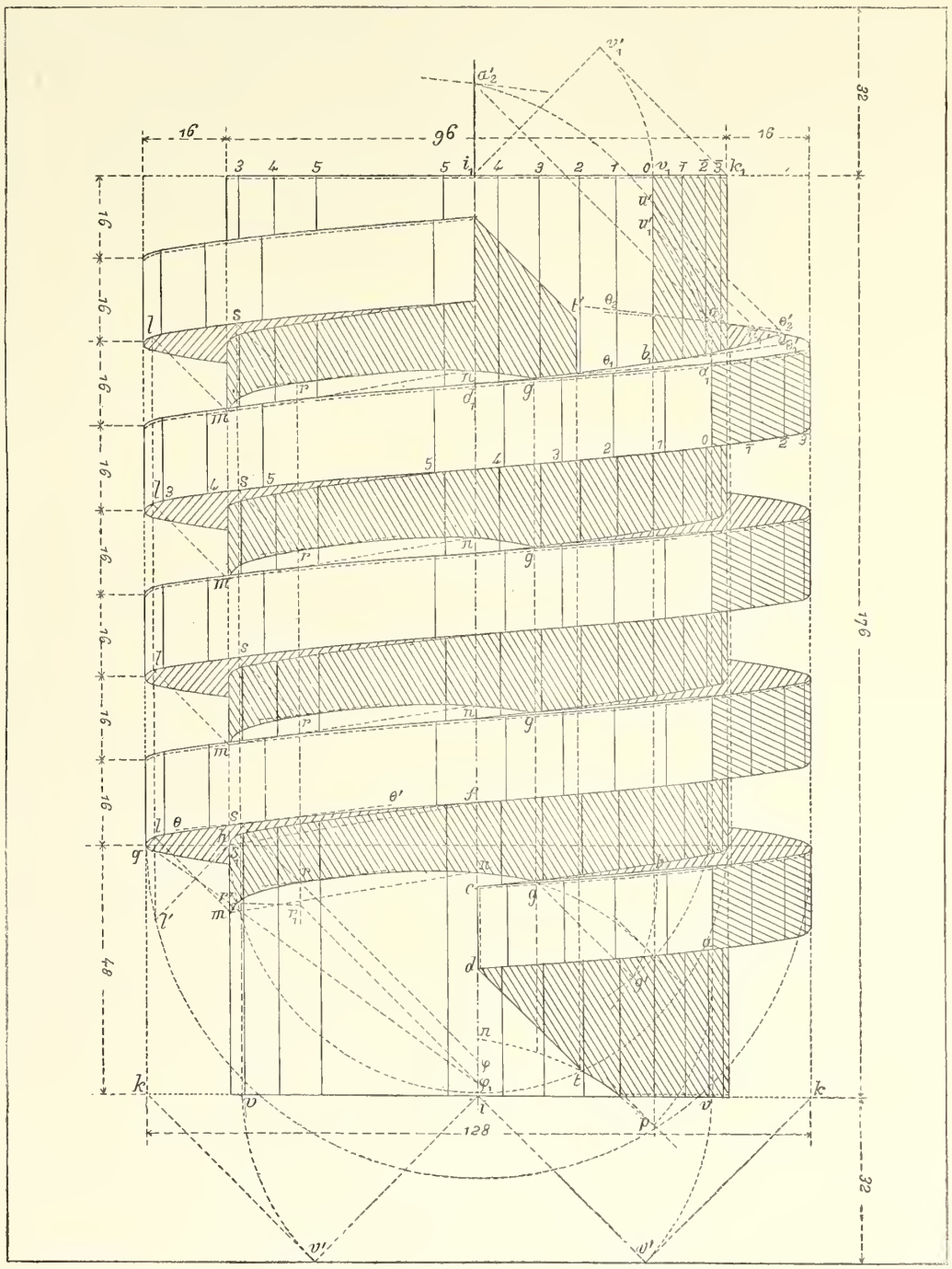
g (fig. 6). — Un pivot *à cannelures*, pour arbre vertical

très lourd. Les cannelures ont pour objet de répartir les butées (fig. 5) ou les poids (fig. 6) sur des étendues de coussinets aussi grandes qu'il est nécessaire.

Pour les ombres et pour le lavis se reporter à ce qui précède.

123. Vis à filets triangulaires (voir plus haut, nº 121).

Fig. 170



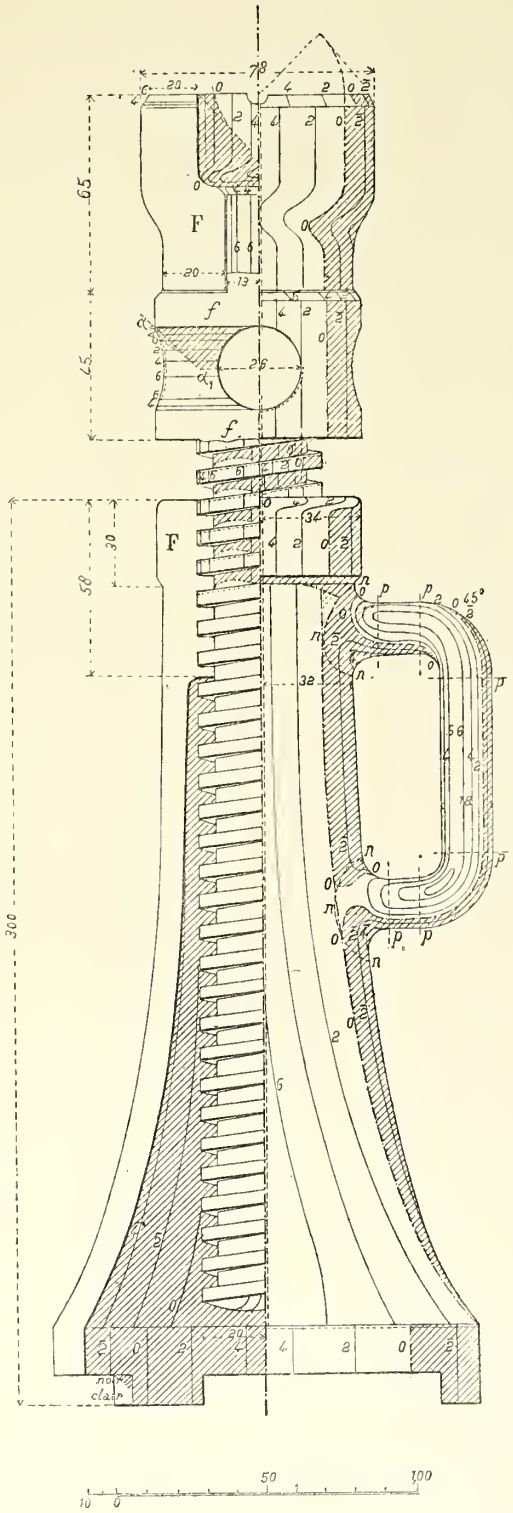
124. Vis à filets carrés.

(*a*) *Représentation* (fig. 170). — Le solide est engendré par la rotation hélicoïdale d'un carré. Les hélices sont, cette fois, rigoureusement représentées par des sinusoïdes.

(*b*) *Ombres.* — Les ombres diffèrent très peu de celles du listel saillant (v. nº 29). Cette assimilation suffit pour que le lecteur comprenne les tracés de la figure ci-jointe.

(*c*) *Lavis.* — Les parties cylindriques seront lavées comme à l'ordinaire. On prendra l'échelle des corps mi-polis. La surface hélicoïdale sera rendue à teintes fondues. Pour l'effet à produire voir plus loin (fig. 172), verin à vis.

Fig. 171



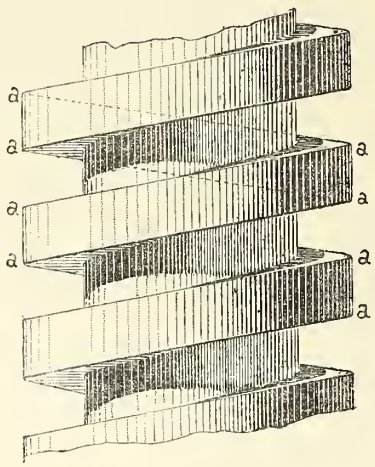
125. Un verin à vis, dit verin à bouteille (fig. 171).

(*a*) *Description et usage.* — Cet appareil sert à soulever de lourds fardeaux. On l'emploie assez souvent pour supporter les cintres des ponts, et pour les faire descendre lentement dans l'opération du décintrage.

La figure 171 donne, à droite, une demi-élévation et, à gauche, une demi-coupe. On remarquera cependant que, suivant un usage adopté en dessin de machines, la vis centrale n'est pas coupée, parce qu'elle est pleine. Cependant, on a coupé, par arrachement, la tête de cette vis pour montrer la forme exacte des cavités cylindriques dans lesquelles on introduit les barres de fer qui servent à la manœuvre.

(*b*) *Observations.* — 1° Le croquis étant à petite échelle, nous n'avons indiqué les lignes de teintes que de deux en deux (Teintes 0, 2, 4, 6); c'est même pour cela que nous avons été amenés à placer sur les cylindres une ligne n° 6, tandis que l'échelle A', des corps mi-polis, ne s'étend que

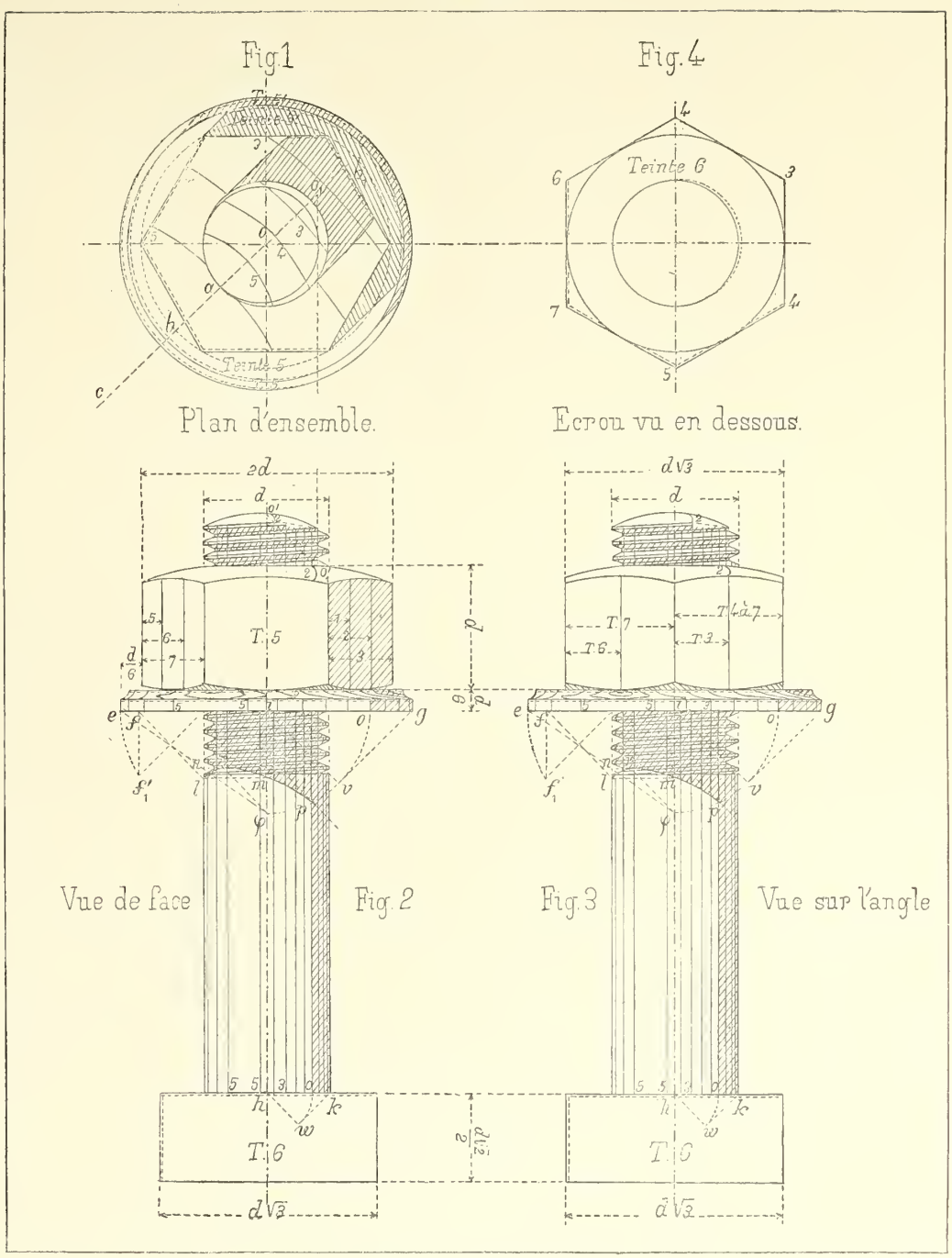
Fig. 172



jusqu'au n° 5. Cela prouve combien il y a de latitude dans l'emploi de ces échelles. On devra exécuter ce dessin et ce lavis à une échelle double de celle du croquis ci-contre et, alors, placer toutes les lignes de teintes, comme nous l'avons indiqué au numéro précédent.

2° Les ombres n'ont été indiquées que sur les quatre premiers filets de la vis ; il faut les tracer de la même manière sur tous les autres.

Fig. 173



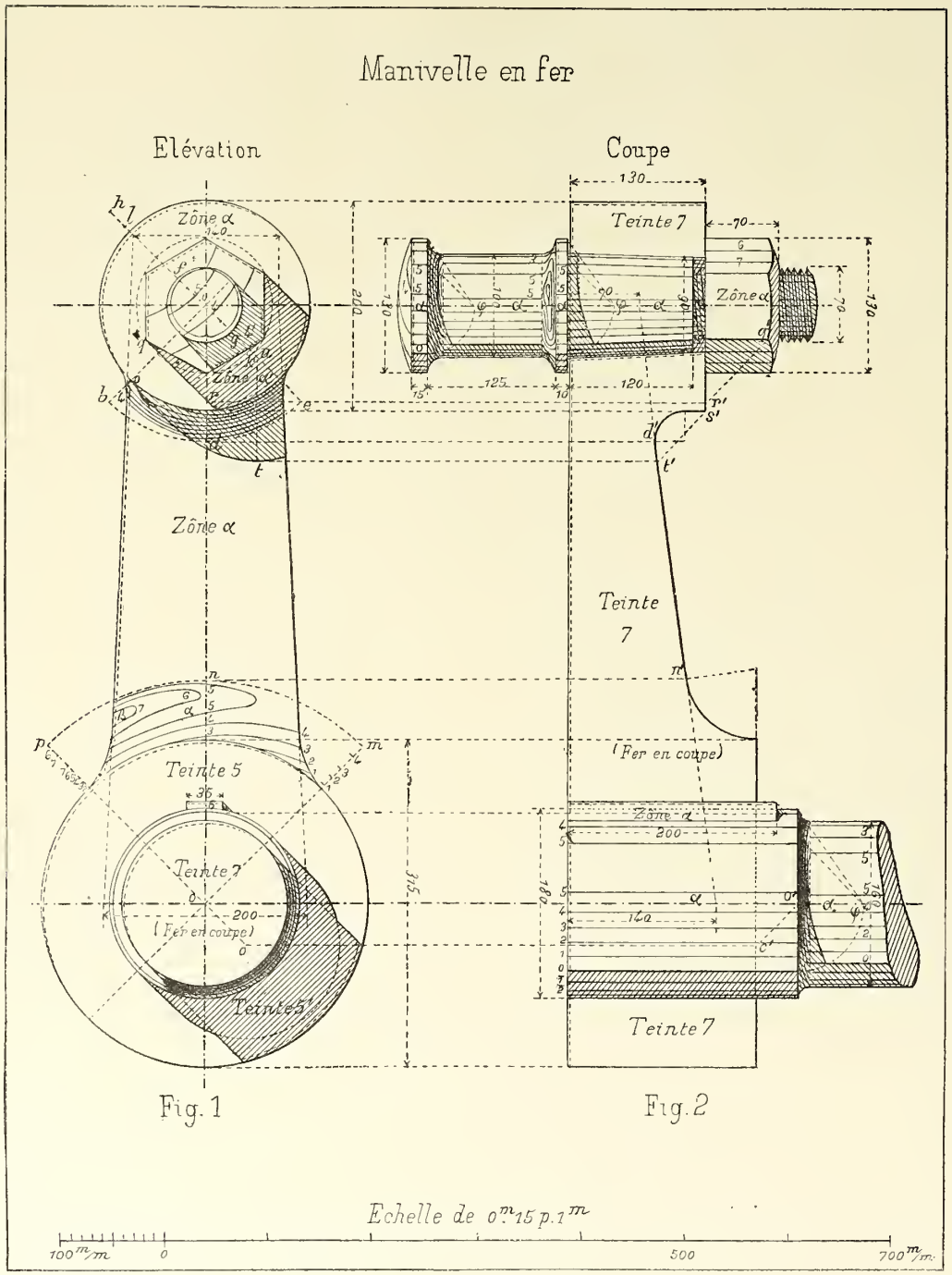
126. Boulons et écrous (fig. 173).

(*a*) Sur la figure 1 on voit, en plan, les calottes sphériques qui couronnent l'écrou et la tige du boulon. Les courbes indiquées sont des portions des ellipses de teintes 3, 4 et 5 ; on leur substitue des arcs de cercle.

(*b*) On lave la partie filetée des boulons comme si on avait un cylindre lisse mais en respectant, bien entendu, les triangles vides du contour. Le rendu des vis se fait ensuite, comme retouche, à teintes fondues.

§ II. — Manivelles et paliers

Fig. 174



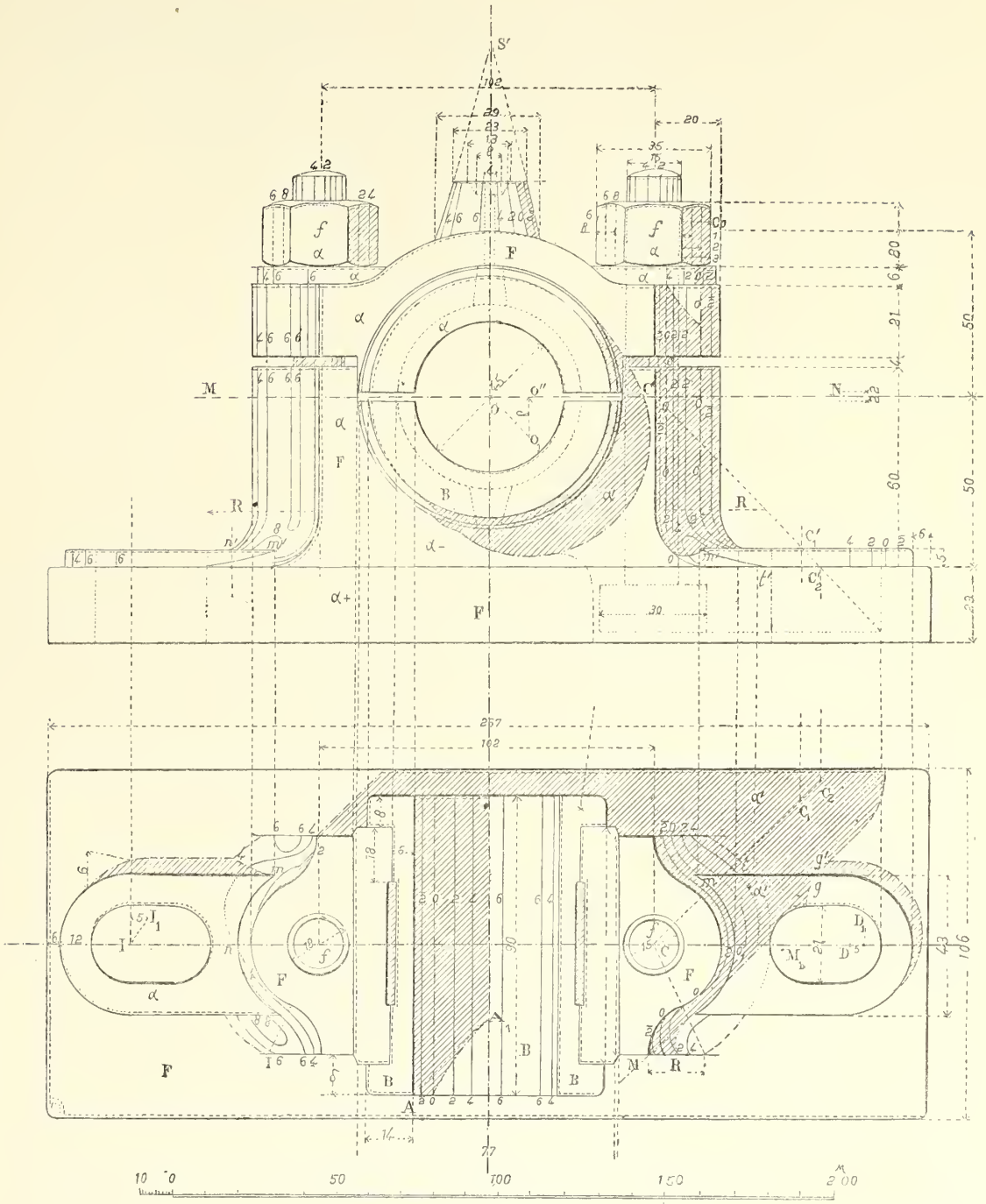
127. Manivelle en fer (fig. 174).

(*a*) *Conventions.* — Les parties coupées ne reçoivent pas d'ombres ; elles apparaîtront donc de la couleur propre à la matière représentée.

(*b*) *Ombres et lavis.* — Comme il a été dit ci-dessus.

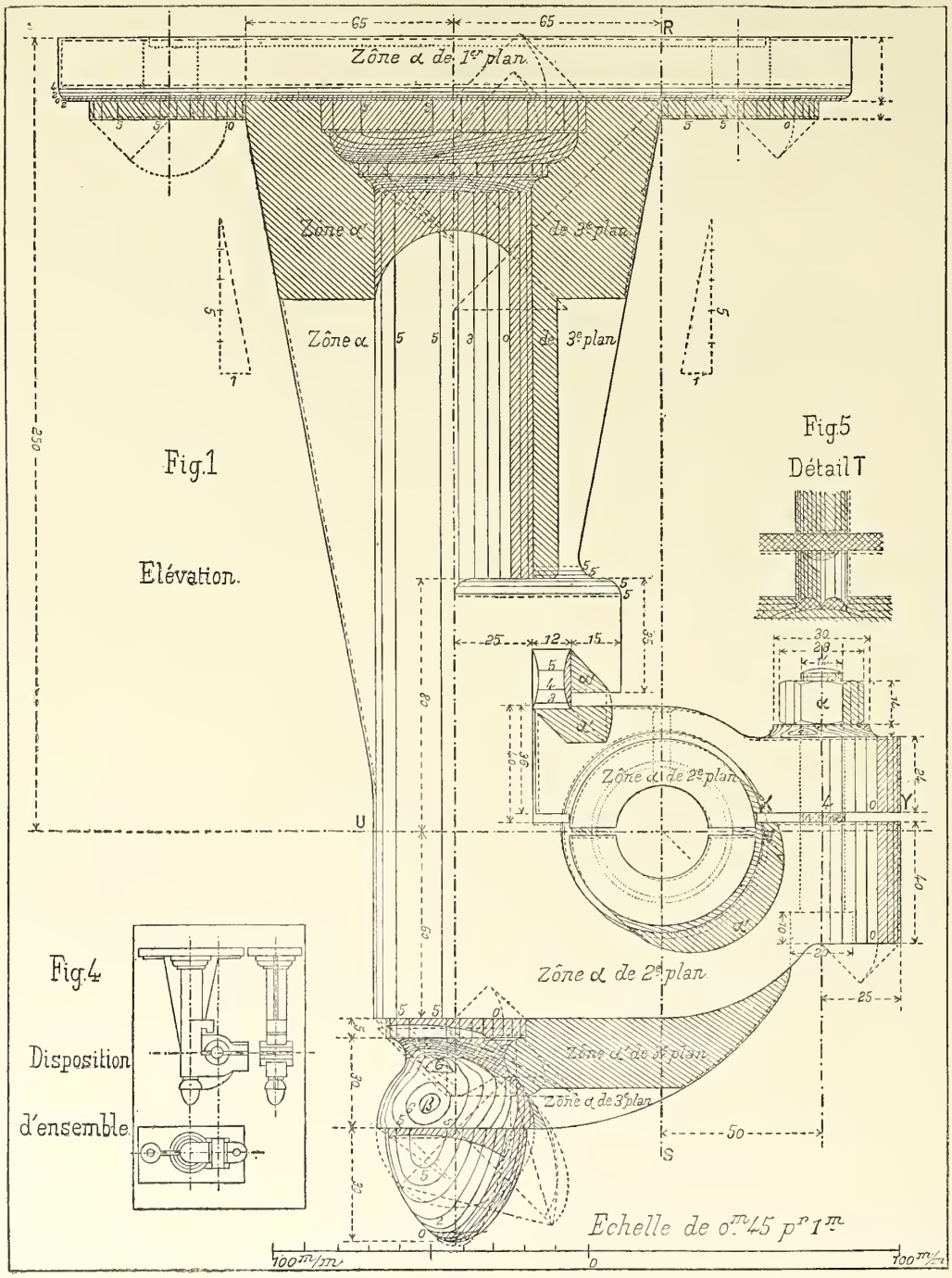
Fig. 175

F indique de la fonte — *f* du fer, — et B du bronze.



128. Un palier pour arbre horizontal. — Nous donnons ce croquis (fig. 175) sans autres explications. On remarquera seulement que pour raccorder entre elles les deux colonnes et la semelle, on a employé deux fractions de tores en creux terminées en I et R (voir le plan) par des portions de sphères. On fera bien d'étudier à part ce double raccordement géométrique avant de tracer les lignes de teintes.

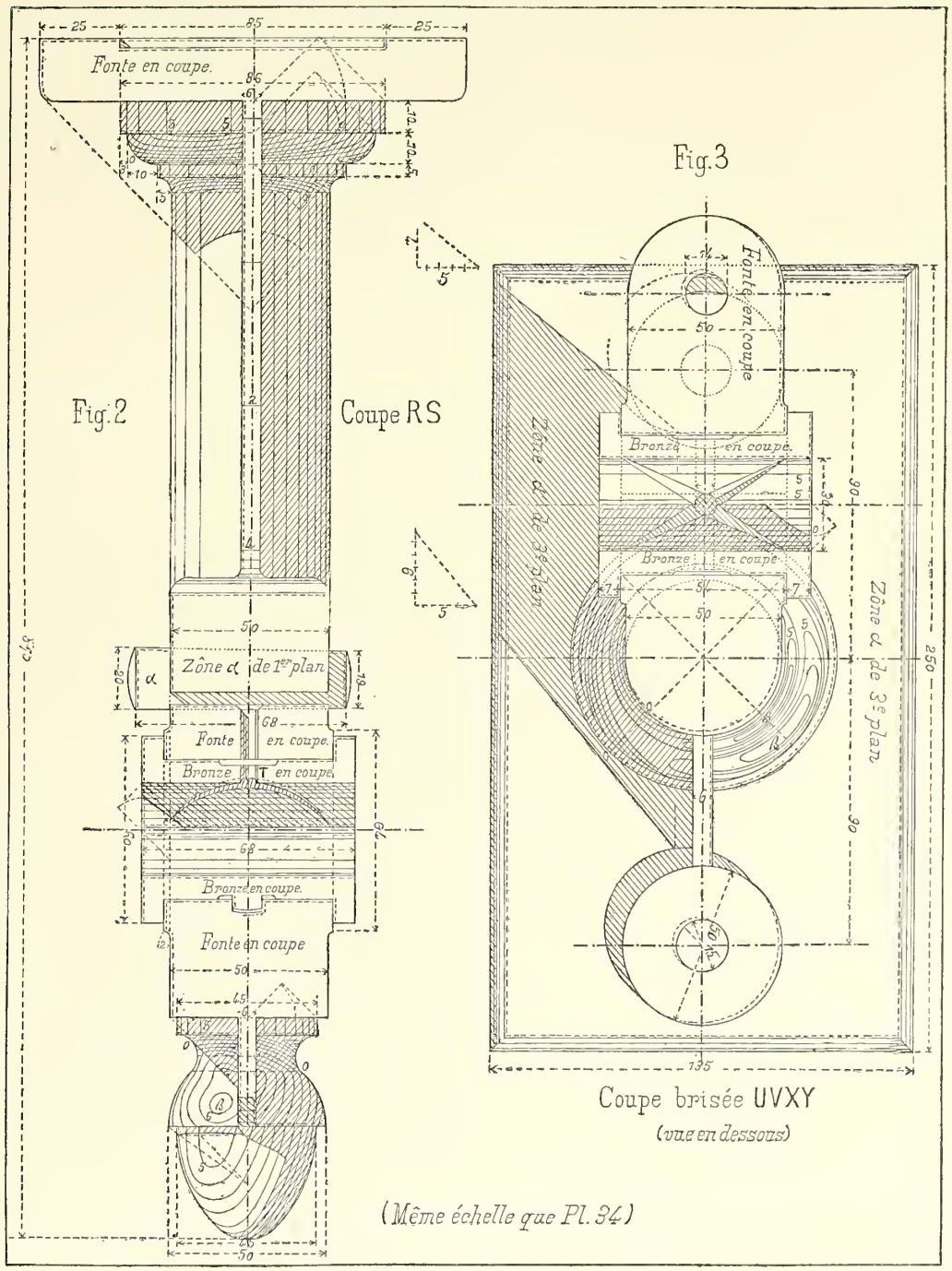
Fig. 176



129. Chaise à **colonne** (fig. 176 et 177).

Cet organe de machines est destiné à être suspendu au plafond.

Fig. 177

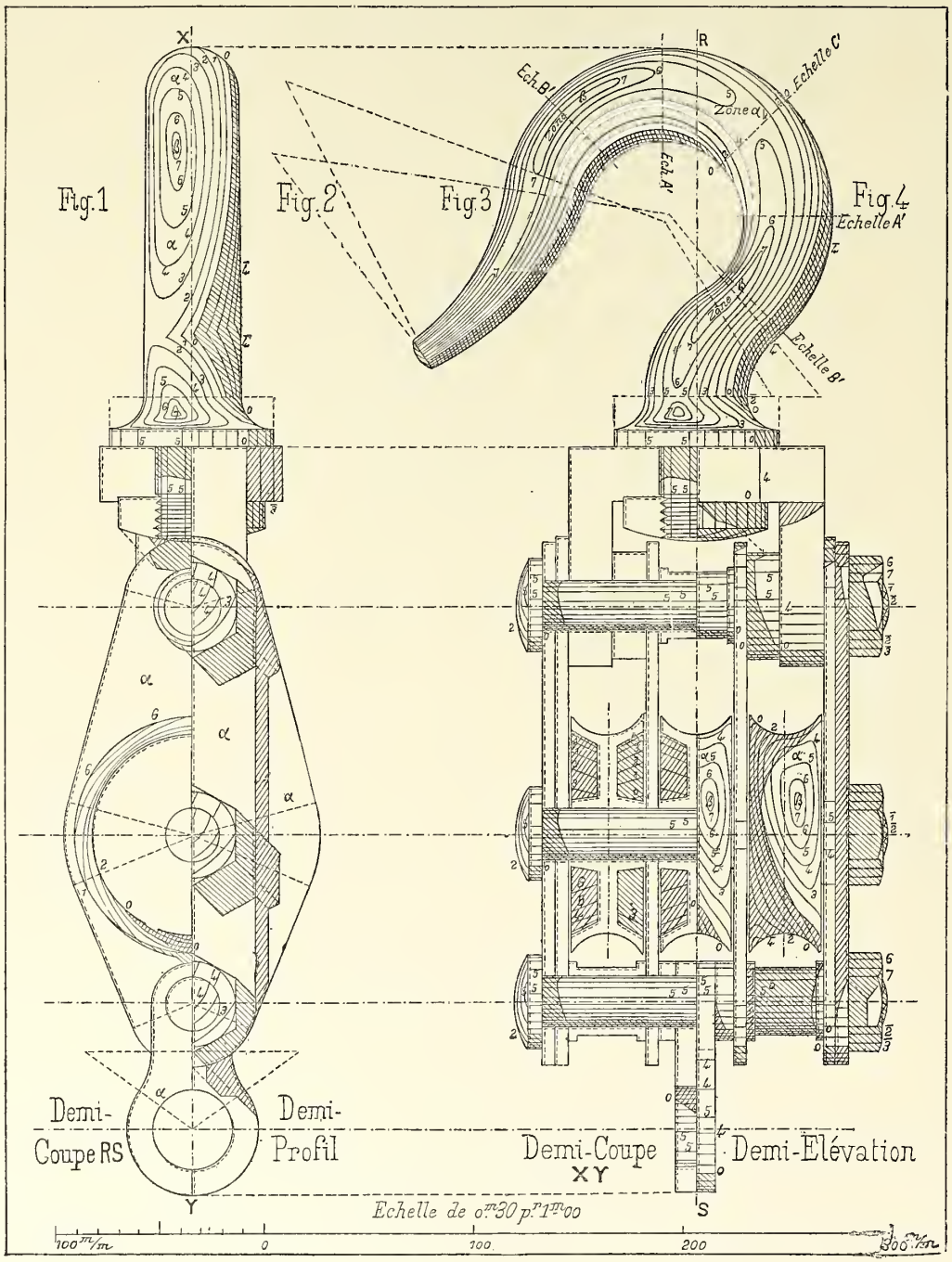


On fera bien d'exécuter la mise au net et le lavis de ce dessin sur une feuille 1/2 grand aigle, en grandeur naturelle et en adoptant la disposition d'ensemble indiquée fig. 4.

§ III. — Organes divers

130. Moufle lyonnais (fig. 178). — Cet appareil sert à soulever les fardeaux. Le dessin ci-contre est emprunté au cours de dessin de machines et de lavis de l'École polytechnique.

Fig. 178



131. Joint de Cardan (fig. 179). — Cet appareil sert à réunir entre eux deux arbres dont les directions relatives sont variables. Le joint représenté, page 107, est employé surtout dans les machines agricoles.

MM′ est le *croisillon*, — NN′ la *fourchette*, — PP′ le *manchon*, calé sur l'arbre par une *clavette* F.

Fig. 179

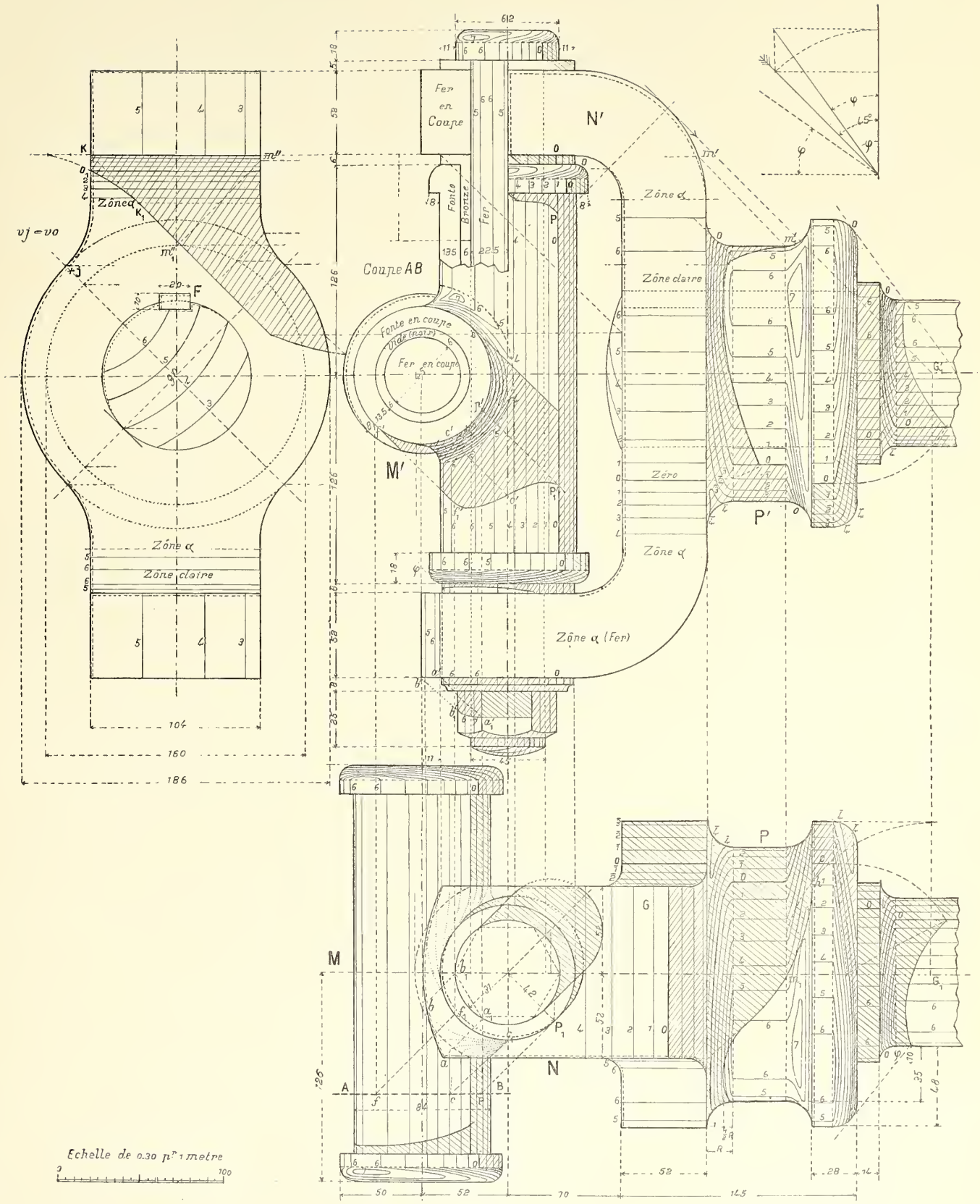
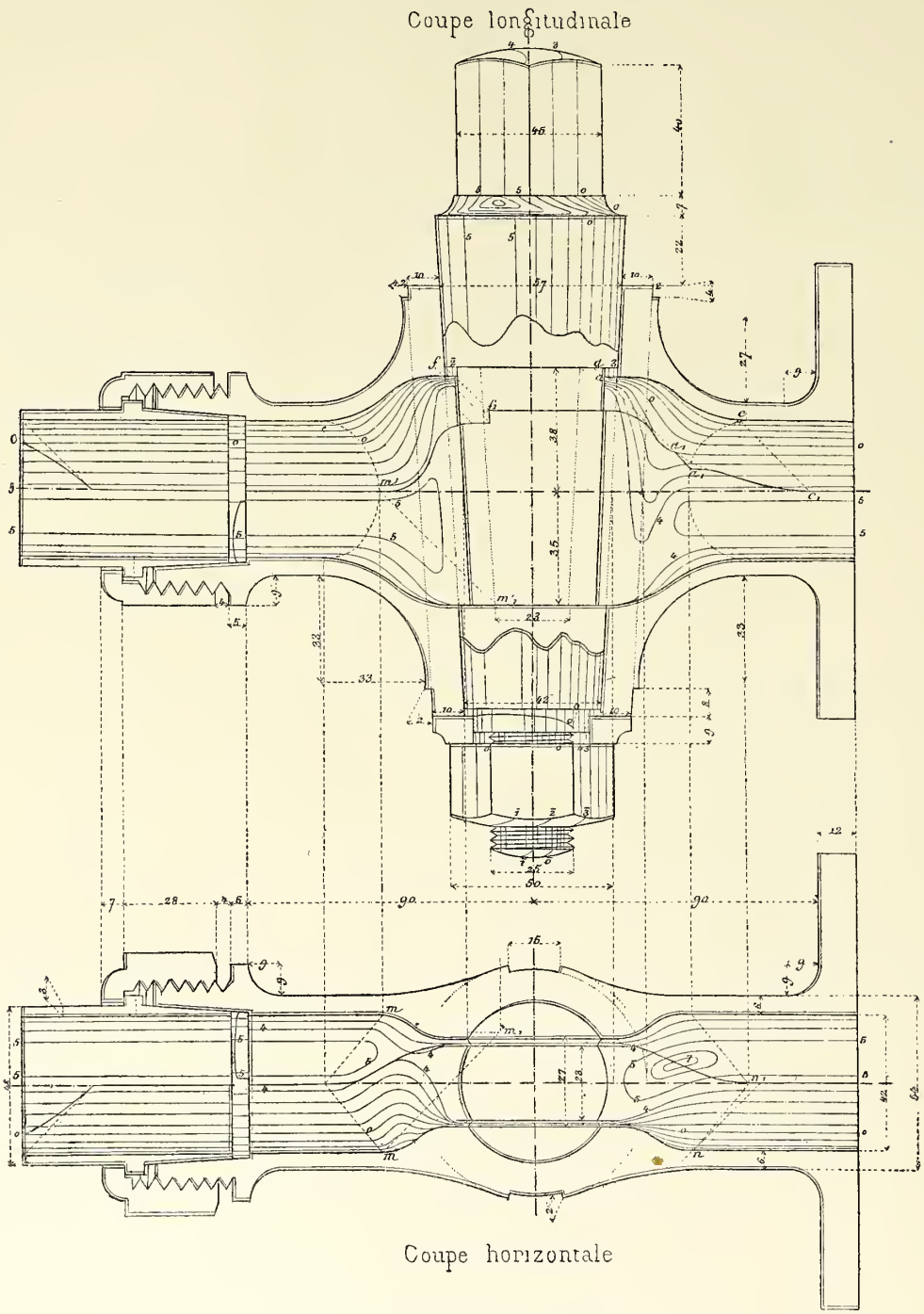

Fer en Coupe
N'
Fonte
Bronze
Fer
Coupe AB
Fonte en coupe
Vide (noir)
Fer en coupe
M'
Zône α
Zône claire
Zéro
Zône α (Fer)
P'
Zône α
Zône claire
Zône α
M
N
P
G
Echelle de 0.30 pr 1 metre

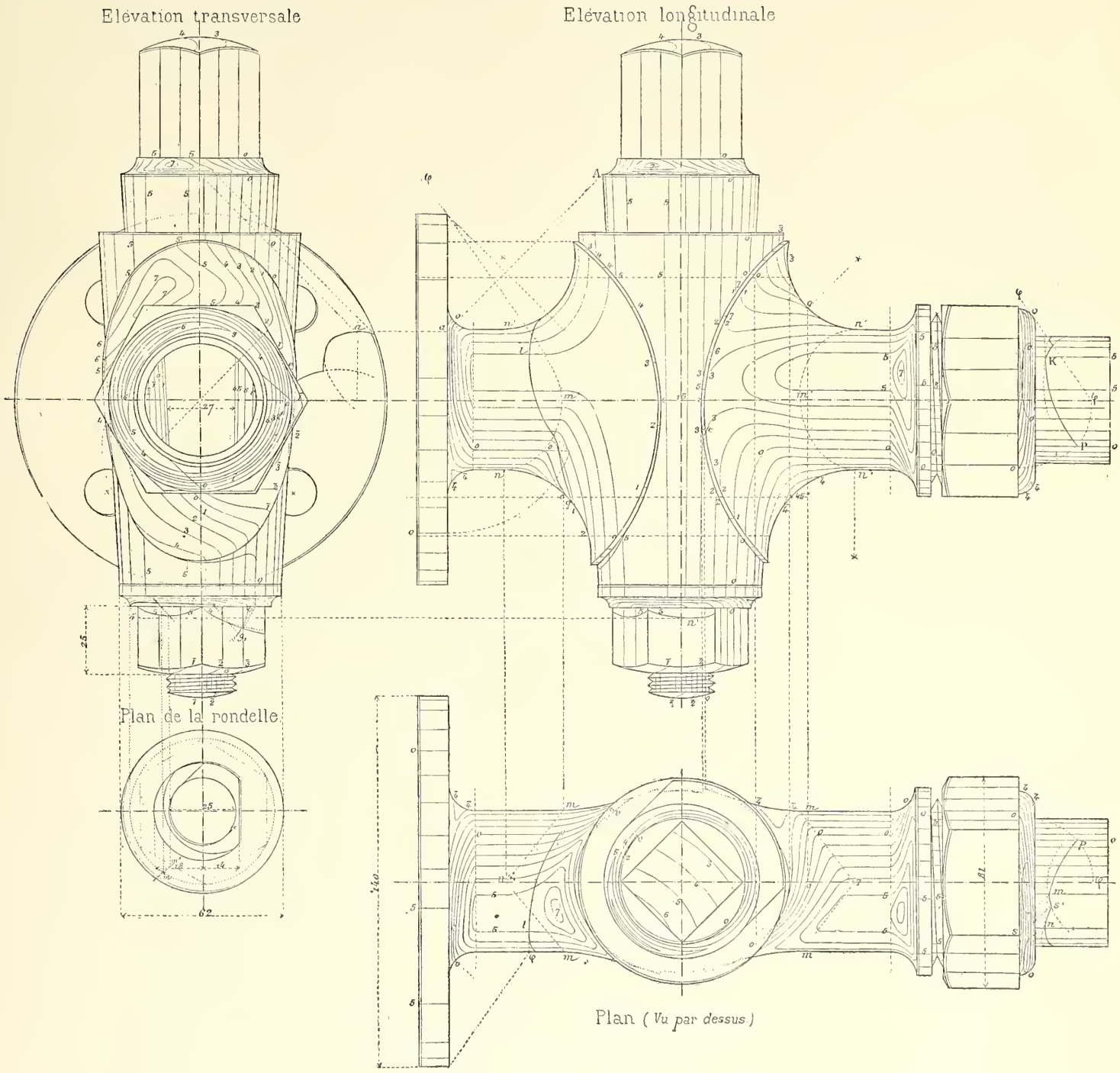
Fig. 180



Echelle de 0,60 *pour* 1 *mètre.*

132. **Un robinet conique en bronze, avec bride et raccord.** — Cet organe de machine est tout entier en bronze. Il est facile à trouver partout. (Prix de 10 à 25 francs.) Nous en donnons le croquis avec l'indication des ombres

Fig. 181



Echelle de 0,60 *pour* 1 *mètre.*

et des lignes de teintes. Nous supposons le lecteur assez exercé pour comprendre les tracés indiqués. On fera bien d'en faire la mise au net, en grandeur naturelle, en ayant le modèle en relief sous les yeux.

FIN DE LA SECONDE PARTIE

TROISIÈME PARTIE

PERSPECTIVE

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

§ I. — Esprit des méthodes de la perspective

133. Introduction.

On se propose, dans ce qui va suivre, d'exposer les principes essentiels de la *perspective géométrique*, dite encore : *perspective linéaire* (perspective des architectes) et d'en dégager les constructions et les tracés applicables à la perspective d'*observation* (perspective des peintres).

Dans une première série d'études, on s'occupera donc du *trait perspectif*, c'est-à-dire de l'ensemble des constructions qui permettent de déduire un *tableau perspectif* d'une *épure géométrale* sur laquelle seraient indiquées, en grandeur naturelle ou à une échelle donnée, les dimensions des objets à représenter et les positions relatives du tableau, du spectateur et de ces objets. On insistera surtout sur le choix des méthodes et sur la différence à faire entre le trait de la perspective et le trait de la géométrie descriptive.

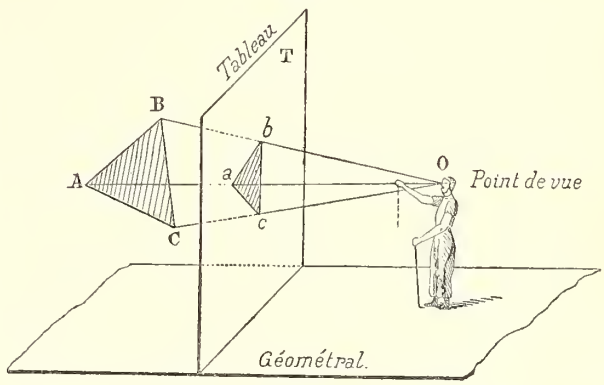
Dans une autre série d'études on dégagera des tracés indiqués dans la première, ceux que le dessinateur a besoin de connaître pour assurer son dessin. On indiquera la part qu'il convient de faire à l'observation directe des objets à représenter, et on précisera le moment où l'observation directe devient inutile et doit céder le pas au tracé perspectif proprement dit.

134. Objet de la perspective.

La perspective a pour but de représenter, sur un tableau, les objets tels qu'on les voit.

A cet effet : soit O (fig. 182) l'œil du spectateur que nous supposerons réduit à son centre optique, c'est-à-dire à un point que l'on nomme le *point de vue* ; soit T un tableau que nous supposerons plan et vertical et que nous ferons bien d'assimiler, comme l'indique **Léonard de Vinci,** à une vitre

Fig. 182



transparente au travers de laquelle nous apercevrions les objets à représenter. Soit enfin ABC un objet, un triangle, par exemple, à mettre en perspective.

Les rayons visuels OA, OB, OC sont des lignes droites. On les mènera et il est évident que, si l'on prend en *a*, *b*, *c* les intersections de ces droites avec le tableau, les points du tableau ainsi obtenus en *a*, *b*, *c*, se superposeront, en appa-

rence, pour le spectateur O, avec les points A, B et C de l'espace ; ils en constitueront comme *un décalque*. En regardant *a*, *b* et *c*, on croira voir A, B et C ; par conséquent la la figure *a*, *b*, *c* sera bien la perspective de la figure ABC, perspective exécutée sur le tableau T.

Au point de vue géométrique le problème de la perspective revient donc à mener dans l'espace des lignes droites qui, des divers points des objets, convergent au point de vue, et à prendre les intersections de ces droites avec le plan du tableau.

On pourrait appliquer les méthodes de la géométrie descriptive à la solution de ce problème. Voici la marche à suivre :

Dans une première partie des opérations on figurerait en projections horizontale et verticale : 1° l'objet à représenter, 2° le tableau ; 3° le point de vue.

Dans une seconde partie on mènerait tous les rayons visuels et on en chercherait les intersections avec le tableau.

Dans une troisième partie, on ferait le rabattement de ce tableau pour avoir en vraie grandeur la figure obtenue à sa surface, et enfin, comme cela donnerait le plus ordinairement un dessin très petit, on serait, en outre, obligé de faire une amplification déterminée pour amener le dessin à s'inscrire dans un cadre donné.

Ces constructions seraient longues et compliquées. Elles auraient en outre pour inconvénient d'exiger beaucoup plus de place que n'en comporte le tableau et aussi de *ne pas faire image* ; elles seraient purement géométriques.

Aussi ne sont-elles pas employées si ce n'est pour des cas exceptionnels et particulièrement en *perspective théâtrale*, ainsi que nous l'indiquerons plus loin. En réalité elles ne constituent par le *trait* perspectif.

135. Caractéristiques des méthodes de la perspective.

(*a*) *Première caractéristique.* — Les méthodes employées en perspective linéaire doivent permettre de réaliser le tracé qu'elles entraînent dans un cadre restreint qui est celui du tableau, sans obliger le perspecteur à sortir de ce tableau. Cela veut dire que si l'on conseille une méthode nécessitant un espace double ou triple de celui du tableau déjà très grand qui occupera, on peut le supposer, tout le fond d'un atelier, et qui obligerait d'aller dans la cour à côté pour faire les tracés, cette méthode est absolument impraticable. Par conséquent :

« *Une méthode de perspective linéaire doit être conçue de telle sorte que l'on puisse exécuter les tracés qu'elle comporte dans le tableau ou en sortant extrêmement peu des limites de son cadre.* »

(*b*) *Deuxième caractéritisque.* — Les méthodes de perspective doivent faire image, autrement dit : tout tracé résultant de ces méthodes doit être la traduction, en image, de quelque chose qui s'exécuterait pour ainsi dire dans l'espace, derrière le tableau, et ne doit pas être seulement une opération de géométrie plane.

Par exemple, lorsqu'on dit à quelqu'un de diviser perspectivement une ligne fuyante en parties égales, on doit lui enseigner une construction qui est la vue, en quelque sorte photographique, d'une opération que quelqu'un, qui serait placé derrière le tableau, exécuterait dans l'espace si réellement il partageait, en parties égales, la ligne dont on voit l'image. Ce ne doit pas être une simple construction empruntée à la théorie de l'homographie comme certains auteurs ont voulu le faire accepter. Par conséquent :

« *Les constructions de la perspective linéaire doivent faire image* ; *en un mot* : lorsque le perspecteur exécute une opération quelconque il doit opérer en *dessinateur* et non pas en *géomètre*.

(*c*) *Troisième caractéristique.* — Les méthodes doivent permettre de tirer d'une épure géométrale, à une petite échelle, un tableau à une échelle quelconque qui, souvent, peut être très grande.

En effet : la perspective linéaire a pour but de traduire par un dessin faisant image une conception qui n'existe pas encore ; c'est en quoi, du reste, elle diffère de la perspective d'observation. L'objet à traduire ainsi existe sous forme d'épure géométrale (plan, élévation, coupe, ou même détails grandeur d'exécution si cela est nécessaire). Le géométral est généralement à une petite échelle sur une planche de dessin de dimensions ordinaires et il faut pouvoir, à l'aide de cette épure, tirer *immédiatement* un tableau à une échelle quelconque, parfois très grande et souvent dans un rapport incommensurable avec celle du géométral dont on disposera. Par conséquent :

« *Les méthodes doivent être conçues de telle sorte qu'elles permettent de faire rapidement le passage de l'épure géométrale au tableau quelles que soient les échelles respectives de l'un et de l'autre.*

(*d*) *Quatrième caractéristique.* — Enfin, les méthodes doivent procéder des mêmes principes que les méthodes ordinaires de dessin à vue.

Quand nous faisons la copie d'un objet quelconque nous nous occupons d'abord de mettre en place ce que nous appelons *l'ensemble du dessin* ou encore *les masses*.

De même, les méthodes de perspective doivent nous mettre à même de dessiner — pour employer un terme un peu spécial — l'*épannelage* des objets que nous avons à représenter, c'est-à-dire de faire rapidement la mise en place de l'ensemble du dessin.

Ensuite, pour le détail, nous devrons avoir d'autres méthodes (méthodes de perspective directe) qui, en admettant que l'ensemble soit juste, permettront de déduire les détails en les rapportant aux grandes lignes, sans avoir recours à l'épure géométrale dont nous parlions tout à l'heure. Par conséquent :

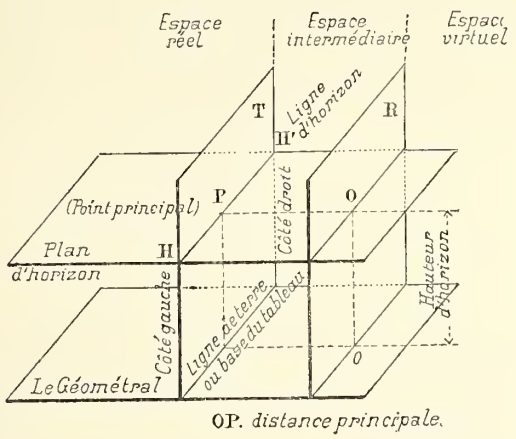
« *La perspective linéaire doit avoir, d'abord, des méthodes pour la mise en place de l'ensemble en se servant de l'épure géométrale, et ensuite d'autres méthodes, permettant pour ainsi dire de fouiller les détails en se basant exclusivement sur le premier ensemble déjà mis en place et considéré comme absolument exact.* »

§ II. — Définitions

136. Le tableau et le géométral.

La figure 183 permet de résumer les principales définitions qui nous seront nécessaires.

Fig. 183



Le tableau est en général plan et vertical (1).

Le plan horizontal sur lequel il est supposé reposer par sa base X, Y, se nomme le *géométral*.

On distingue la *base* du tableau ou ligne de terre XY, le *côté gauche* et le *côté droit* du tableau.

Le plan horizontal mené par le *point de vue* O, se nomme le *plan d'horizon*. Il coupe le tableau suivant la droite horizontale HH' qui se nomme la *ligne d'horizon*.

Si du point de vue on abaisse une perpendiculaire OP sur le tableau, le pied P de cette perpendiculaire se nomme le *point principal de fuite*, et la longueur OP, mesurée, donne la *distance principale de l'œil au tableau* ou plus simplement la *distance principale*.

On donne quelquefois au point P le nom du point de vue. Cette expression est impropre ; le point de vue est, en réalité, le point où l'on se place pour voir ; c'est le point O, œil du spectateur.

Enfin la perpendiculaire O*o* abaissée de l'œil sur le géométral donne, par sa longueur, la *hauteur de l'œil* ou *hauteur d'horizon*.

(1) Dans les panoramas le tableau est cylindrique. Des obstacles adroitement dissimulés obligent le spectateur à se tenir aux environs de l'axe du cylindre, c'est-à-dire aux environs du point de vue pour lequel le panorama a été fait. De cette façon l'illusion est aussi complète que possible.

Dans d'autres cas, le tableau est sphérique : c'est ce qui a lieu pour des décorations de coupoles. Le tableau, tout en étant plan, peut être horizontal : c'est ce qui a lieu pour un plafond. On a, dans ce cas, ce que l'on nomme une *perspective plafond*.

Dans les théâtres la perspective se fait sur plusieurs tableaux différents.

Nous nommerons : *espace réel*, l'espace compris au-delà du tableau du côté opposé au spectateur ;

Espace intermédiaire, celui qui est compris entre le plan du tableau et le plan de front R du spectateur ;

Espace virtuel, celui qui est situé en arrière du plan de front du spectateur ;

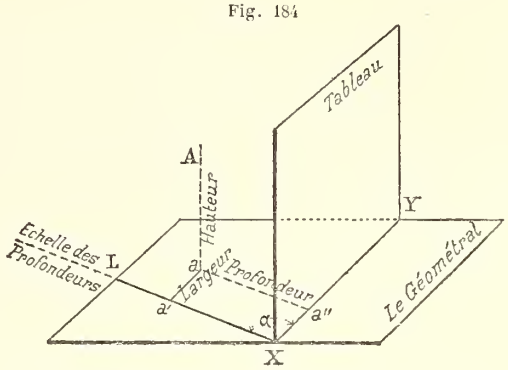
Plan neutre, le plan de front qui contient l'œil du spectateur ;

Ligne neutre, la ligne suivant laquelle le plan neutre coupe le géométral.

137. Coordonnées perspectives d'un point de l'espace.

Pour déterminer la position d'un point A dans l'espace, on se donnera (fig. 184) ses trois coordonnées perspectives qui sont :

Fig. 184



La *largeur*, la *profondeur* et la *hauteur* de ce point.

Projetons A en *a*, sur le géométral. La longueur de la verticale A*a* sera la *hauteur* du point.

Imaginons que dans le géométral, par un point X, que nous avons pris à l'extrémité de gauche de la base du tableau, mais qui pourrait être tout autre, nous ayons mené une droite XL, oblique ou perpendiculaire sur XY, peu importe. Nous nommerons cette droite une *échelle de profondeurs*.

Si par *a*, nous menons une droite de front *aa'*, parallèle au tableau, c'est-à-dire à la ligne de terre XY ; *aa'* sera la *largeur* du point et *a'*X, ou son égale *aa''*, sera sa *profondeur* (*oblique*).

Si l'échelle des profondeurs avait été prise perpendiculaire sur la ligne de terre XY au lieu de lui être oblique, on aurait eu des *profondeurs droites* au lieu de profondeurs obliques ; et l'on conçoit que si l'on emploie les profondeurs obliques il faille donner, en plus, l'angle α, que fait l'échelle des profondeurs obliques avec la ligne de terre, ce

qui est inutile avec les profondeurs droites, puisque dans ce cas cet angle α est droit.

La mise en perspective d'un point A comprendra toujours les trois opérations suivantes : *mise en largeur*, *mise en profondeur*, et *mise en hauteur* du point.

Les deux premières (mise en largeur et en profondeur) se font, en général, en une seule opération et constituent ce que l'on nomme la *perspective des plans*.

La mise en hauteur, et tout ce qui en résulte, constituent ce que l'on nomme la *perspective des élévations*.

§ III. — La droite et le plan

138. Perspective des lignes droites.

a) Différentes positions des droites. — Il faut distinguer les droites *de front*, c'est-à-dire qui sont parallèles au tableau ; elles peuvent être, en outre, parallèles au plan d'horizon ou inclinées sur lui ; et les *lignes fuyantes*, qui ne sont pas parallèles au tableau.

Parmi ces dernières on aura : les droites perpendiculaires au tableau, ou *droites principales*, et les droites quelconques auxquelles on donne quelquefois le nom de *droites accidentelles*.

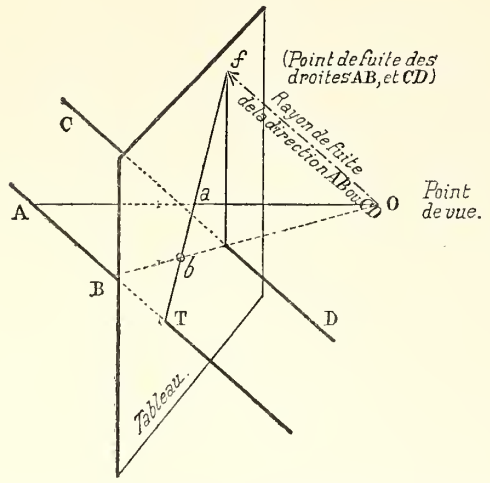
La perspective d'une droite AB (fig. 187) de l'espace, sur un tableau plan, est une droite *ab*, car elle est l'intersection de deux plans. Il suffira donc de deux points pour assurer sa mise en place.

Sur un panorama cylindrique la perspective d'une droite quelconque sera une ellipse : si la droite est verticale ce sera une génératrice du *cylindre-tableau* ; si elle est horizontale ce sera un cercle de section droite de ce cylindre.

Sur une coupole sphérique la perspective d'une droite sera toujours un cercle.

(b) Point d'origine et point de fuite d'une droite. — Les

Fig. 185



points les plus importants à considérer dans une droite sont (fig. 185) :

1° sa trace au tableau T, c'est-à-dire le point de *profondeur nulle* ; ce point est, à lui-même, sa propre perspective, nous le nommerons le *point d'origine* de la droite ;

2° le point situé à l'infini ou point de *profondeur infinie*.

Pour comprendre comment un point situé infiniment loin sur une droite peut avoir une perspective située à distance finie, il suffit de considérer un point quelconque A, de chercher sa perspective *a* à l'aide du rayon visuel A*a*, puis de se figurer que le point A s'éloigne indéfiniment sur la droite ; à la limite le rayon visuel O*a*A sera devenu O*f* parallèle à la droite AB, et son point d'intersection *f* avec le tableau donnera la perspective du point à l'infini.

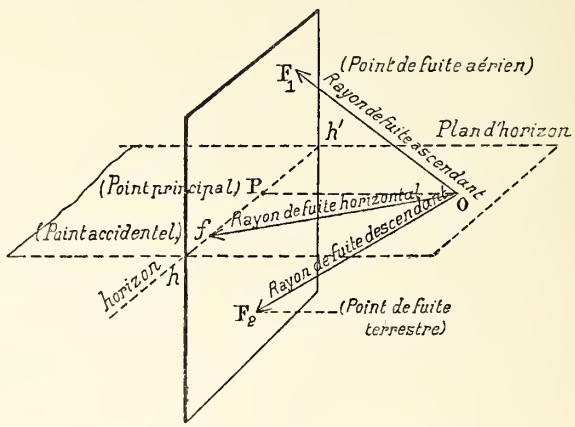
Ce point *f* se nomme le *point de fuite* de la droite AB.

(c) Conclusions. — Les considérations qui précèdent montrent :

1° Que si l'on a plusieurs droites AB, CD, ..., parallèles dans l'espace, leurs perspectives ne sont pas parallèles, mais qu'elles ont toutes un même point de fuite *f* ;

2° Que ce point de fuite commun s'obtient, une fois pour toutes, en menant par l'œil une droite O*f*, parallèle à la direction de ces droites, et en prenant son intersection *f* avec le tableau ; de telle sorte, qu'en perspective, un point de fuite définit *une direction*. Autant de directions on pourrait imaginer dans l'espace, autant de points de fuite y répondraient ;

Fig. 186



3° On nomme (fig. 185) *rayon de fuite* d'une direction, le rayon visuel tel que O*f*, mené par l'œil, parallèlement à cette direction et dont l'intersection avec le tableau donne en *f* le point de fuite de la direction donnée.

4° *Le point de fuite principal* P (fig. 183 et 186) est le

point de fuite de toutes les droites qui sont perpendiculaires au tableau.

(*d*) *Propriétés de la ligne d'horizon.* — Toutes les directions horizontales auront leurs points de fuite situés sur la ligne d'horizon (fig. 186). Ils seront plus ou moins loin du point principal, suivant que ces directions s'écarteront plus ou moins de la direction principale OP, d'où ce théorème :

La ligne d'horizon est le lieu des points de fuite de toutes les directions horizontales.

(*e*) *Points de fuite aériens ou terrestres.* — Les directions qui ne sont pas horizontales auront leurs points de fuite soit en F_1 au-dessus de l'horizon, si la direction est ascendante, soit en F_2 au-dessous de l'horizon, si elle est descendante.

Les peintres disent que le point de fuite F_1 est *aérien*, parce que dans un tableau on le trouverait placé dans le ciel, tandis que F_2 est un point de fuite *terrestre* ; il semblerait placé dans le sol.

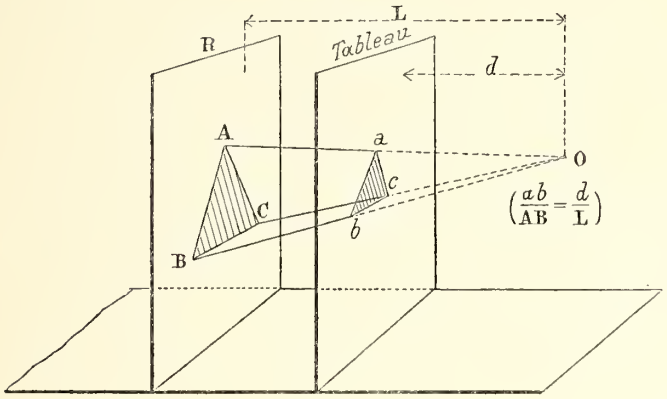
Les points de fuite qui répondent à des directions autres que la direction perpendiculaire au tableau prennent, quelquefois, le nom de *points accidentels de fuite.*

(*f*) *Raccourci complet d'une droite.* — L'image d'une droite peut être réduite à un point si, comme la ligne O*f*, par exemple (fig. 186), cette droite passe par le point de vue.

139. Figures situées dans des plans de front (fig. 187). — (*a*) *Principe.*

Prenons une figure tracée dans un plan de front R (un

Fig. 187



triangle ABC, par exemple). Pour obtenir sa perspective, il faudrait imaginer la pyramide OABC formée par les rayons visuels et la couper par le plan du tableau, qui est parallèle au plan R. La section sera donc un triangle *abc* semblable au triangle ABC et dont les côtés seront parallèles aux siens. D'où l'on conclut ce principe très important :

Toute figure située dans un plan de front se perspective semblable et parallèle à elle-même.

La perspective *abc* sera plus petite que la figure de l'espace ABC si cette dernière est, par rapport au spectateur, de l'autre côté du tableau, et d'autant plus petite qu'elle sera plus éloignée et que ABC sera dans l'espace réel.

Elle serait, au contraire, plus grande si la figure ABC de l'espace eût été placée entre le spectateur et le tableau, c'est-à-dire dans l'espace intermédiaire.

(*b*) *Echelle d'un plan de front.* — Ce qui caractérisera donc un plan de front ce sera l'*échelle* à laquelle une figure qui y serait tracée apparaîtrait sur le tableau. De telle sorte que, à tel plan de front répondra l'échelle de 1/10, à tel autre l'échelle de 1/5. Nous aurons le plan de front des vraies grandeurs, celui des demi-grandeurs, etc... etc...

L'échelle d'un plan de front serait donnée numériquement par le rapport d/L. Dans ce rapport d est la distance de l'œil au tableau et L est la distance de l'œil au plan de front considéré. Par exemple, si tel plan de front est 8, 10, 12 fois plus éloigné de l'œil que le tableau, son échelle sera 1/8, 1/10, 1/12, c'est-à-dire que toute figure de ce plan de front apparaîtra sur le tableau 8, 10 ou 12 fois plus petite qu'elle n'est en réalité, ou, pour parler plus exactement, 8, 10 ou 12 fois plus petite qu'elle n'eût apparu si elle eût été située dans le tableau lui-même.

On voit combien il serait peu correct, au point de vue de la précision du langage, de demander à quelqu'un de donner la perspective d'un objet en grandeur naturelle. En effet, si telle ligne de l'objet, située dans un plan de front donné, se perspective en grandeur naturelle, telle autre qui sera plus près ou plus loin que la précédente doit apparaître plus grande ou plus petite que nature.

Cette locution est donc défectueuse et nous recommandons vivement, surtout aux professeurs, de ne jamais l'employer. Pour parler avec précision il faudrait dire : « dans tel plan de front (que l'on aura soin de bien spécifier sur le tableau) les lignes devront être dessinées en grandeur naturelle ».

140. Généralités sur la perspective d'un plan.

(*a*) *Lignes importantes d'un plan.* — Un plan est indéfini : il n'a pas de forme par lui-même et, en perspective, nous aurons à nous occuper de figures planes limitées par des contours bien déterminés.

Néanmoins les lignes de ces figures jouiront de certaines propriétés perspectives qui dépendront de la position du plan qui les contient.

D'une façon générale, un plan ne sera jamais mieux défini que par deux lignes, ordinairement deux lignes droites, ou par trois points.

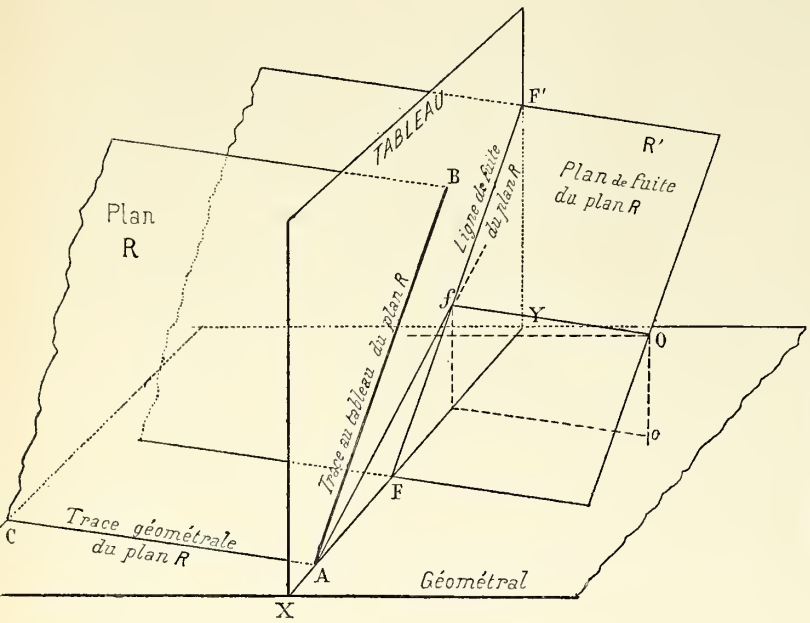
Néanmoins un plan R étant donné nous considérons sur lui trois lignes plus importantes que d'autres, savoir :

1° La *trace au tableau* du plan (fig. 188). C'est la droite AB suivant laquelle le plan coupe le tableau. Cette droite est à

elle-même sa perspective; c'est la ligne de front (ou *frontale*), de profondeur nulle.

2° Sa *trace géométrale*; c'est la droite AC suivant laquelle le plan coupe le géométral; sa perspective est A*f*. Le point

Fig. 188



f est ici le point de fuite de la trace géométrale AC; il a été obtenu en menant, par le point de vue, la ligne O*f* parallèle à AC. AC est l'horizontale, de hauteur nulle, du plan. Toutes les horizontales du plan seront, dans l'espace, parallèles à AC; en perspective elles auront toutes le même point de fuite *f*, lequel est situé sur la ligne d'horizon.

3° Sa *ligne de fuite* FF': laquelle n'est autre chose que le lieu des perspectives des points du plan situés à l'infini.

Pour l'obtenir on mène par le point de vue O, un plan R' parallèle au plan R; et son intersection avec le tableau donne la ligne de fuite cherchée FF'.

Il est facile de voir que toute droite du plan, la ligne AC par exemple, aura son point de fuite *f*, sur la ligne de fuite ainsi obtenue; nous pouvons donc dire :

La ligne de fuite d'un plan est le lieu géométrique des points de fuite de toutes les droites situées dans ce plan (1).

(*b*) *Conséquences.* — 1° Deux ou plusieurs plans parallèles auront la même ligne de fuite, obtenue, une fois pour toutes, en menant par le point de vue O, un plan parallèle à ces divers plans et cherchant en FF' son intersection avec le tableau.

Nous nommerons ce plan auxiliaire R', le *plan de fuite*, des plans donnés parallèles.

(1) Quelques auteurs substituent au mot de ligne de fuite celui de ligne d'évanouissement d'un plan.

De telle sorte qu'une ligne de fuite FF' définit en perspective une *direction de plans*, de même qu'un point de fuite définissait une *direction de droites*.

(*c*) *Raccourci complet d'un plan.* — De même qu'une droite qui passe par le point de vue a pour perspective un point unique, de même un plan qui, comme le plan R' de la

Fig. 189

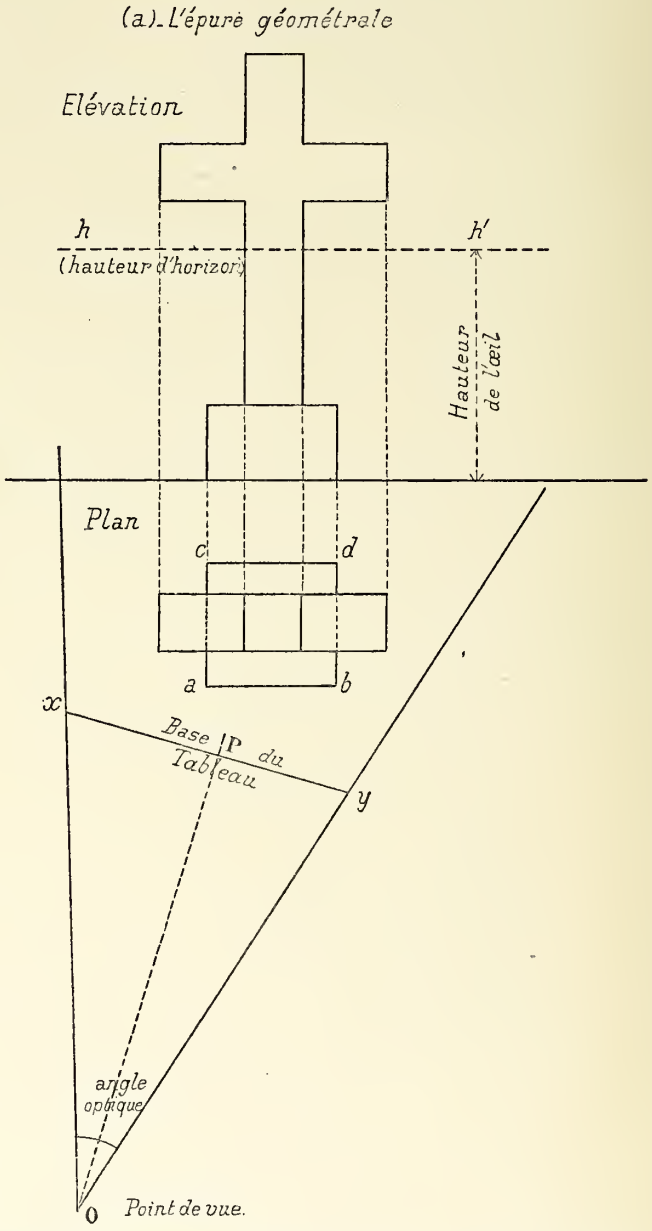


figure 188, passe par le point de vue O, a pour perspective une droite unique FF'.

Le plan d'horizon se perspective entièrement suivant la ligne d'horizon. Dans ces cas ce que l'on nomme l'effet de *raccourci* est complet. Tout ce qui est dans le plan se perspective en ligne droite; on ne peut plus juger de la forme d'aucune figure.

(*d*) *Remarques.* — 1° La *ligne de fuite* FF′ est parallèle à la *trace au tableau* AB.

2° Le plan d'horizon est le plan de fuite de tous les plans horizontaux et la ligne d'horizon est la ligne de fuite commune à tous ces plans.

141. Marche générale à suivre pour l'exécution d'une perspective.

(*a*) *Le relevé géométral et l'épure.* — Lorsqu'un dessinateur veut exécuter, par les procédés absolument précis, la perspective d'un objet (une croix, par exemple), il commence par faire le *relevé géométral* de cet objet, ce qui lui permet de le représenter en plan, élévation et, s'il y a lieu, en coupe, à une échelle déterminée.

Ce premier dessin constitue ce que nous nommerons l'*épure géométrale*, ou plus simplement l'*épure*; nous consacrerons plus loin un chapitre spécial au relevé géométral.

Sur l'épure géométrale (fig. 189), le *plan* nous donne les largeurs et les profondeurs, l'*élévation* nous fait connaître de nouveau les largeurs et, en plus, les hauteurs.

(*b*) *Le tableau et l'angle optique.* — Cela fait, nous indiquerons sur le plan géométral (fig. 189) la position du tableau.

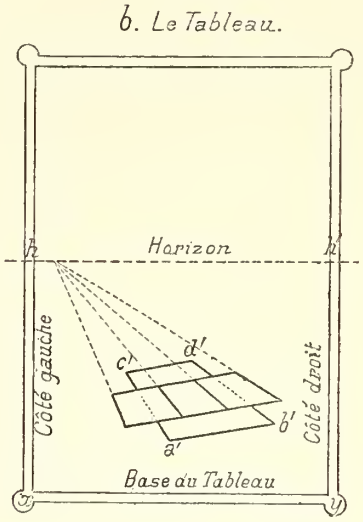
A cet effet nous tracerons en xy la base du tableau; O sera la position de l'œil en plan; en hh' sur l'élévation, nous donnerons la hauteur de l'œil ou hauteur d'horizon. Ordinairement O est sur une perpendiculaire élevée au milieu ou aux environs du milieu de xy.

Si nous joignons ox et oy, les deux lignes ainsi menées constituent l'*angle optique*; elles limitent ce que l'on nomme le *champ* du tableau, c'est-à-dire ce qui peut être vu, du point O, sur le tableau.

On recommande de ne faire cet angle optique ni trop grand ni trop petit, mais d'environ 22 à 25 degrés. Trop grand, l'œil ne jugerait d'un seul regard que l'ensemble des parties situées dans le centre du tableau, les côtés lui échapperaient; trop petit, la perspective se rapprocherait trop d'une projection géométrale. En adoptant une distance OP, comprise entre 2 fois ½ et 3 fois la largeur xy du tableau, on sera dans de bonnes conditions. Il sera bon, également, de placer le spectateur à une distance de l'objet qui soit comprise entre deux fois et trois fois la plus grande dimension de cet objet. On ne saurait apporter trop de soin à bien choisir la position de l'angle optique et la hauteur de l'œil. D'un bon emplacement du point de vue dépend l'effet artistique produit par le dessin. (V. plus loin n°s 171-172 etc.).

(*c*) *Opérations successives.* — Une fois que ces données sont bien posées, les opérations de la perspective se divisent en deux parties.

Fig. 190



Dans la première, on cherche sur le tableau (voir fig. 190) la perspective du plan tout seul. ($a'b'c'd'$ est la perspective du plan $abcd$.) Dans une seconde partie, on met les points en hauteur en s'appuyant sur le plan déjà mis en perspective. (Cette mise en hauteur n'est pas réalisée sur la figure 190.)

La première partie des opérations s'occupe donc de la mise en largeur et en profondeur; c'est la *perspective des plans* ou *perspective du géométral*; la seconde s'occupe de la mise en hauteur, c'est la *perspective des élévations*.

CHAPITRE II

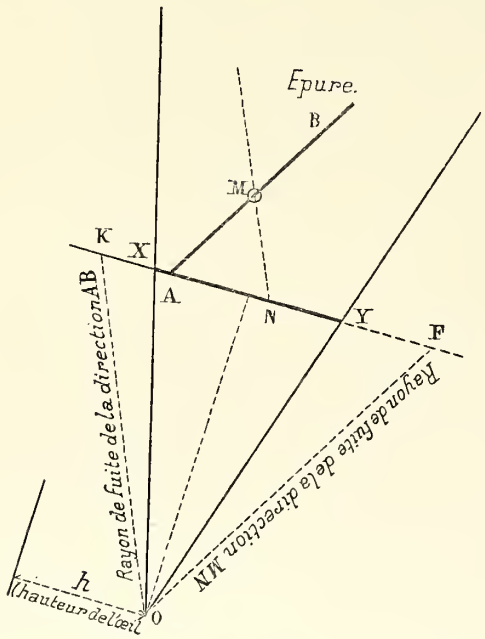
PERSPECTIVE DU GÉOMÉTRAL OU PERSPECTIVE DES PLANS. — MÉTHODES DE PERSPECTIVE GÉNÉRALE

§ I. — Points de fuite et points de distance correspondants

142. Perspective d'une droite et d'un point du géométral. — Méthode du double point de fuite.

Un point pouvant toujours être considéré comme l'intersection de deux droites, on voit que le problème de la mise en perspective d'un point reviendra toujours à la mise en perspective d'une droite.

Fig. 191



(*a*) *Mise en perspective d'une droite.* — Soit (fig. 191) AB cette droite sur l'épure ; XY la base du tableau, O la position de l'œil, *h* sa hauteur. Je donne, à côté de l'épure géométrale, le tableau en vraie grandeur (fig. 192).

On a pris : *xy* (tableau) = XY (épure). La ligne d'horizon est tracée en *hh'* à la hauteur de l'œil.

Je mets en perspective le point A (*trace au tableau* de la droite, profondeur nulle) et son point à l'infini (ou *point de fuite*, profondeur infinie).

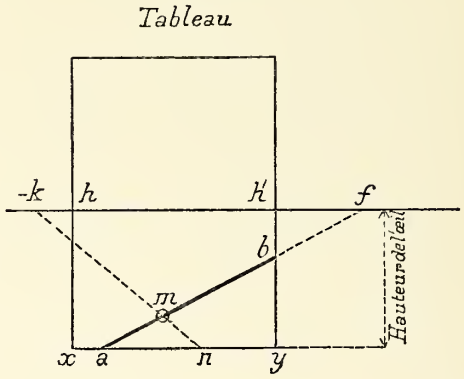
Le premier a sa perspective en *a* sur la base du tableau. On a pris : *xa* (tableau) = XA (épure).

Pour avoir le point de fuite, je mène (épure) OF parallèle à AB ; je prends la trace F de cette droite sur le tableau et je la reporte (tableau) en *f* sur la ligne d'horizon. On a *h'f* (tableau) = YF (épure). La perspective de la droite est donc *abf* (tableau).

(*b*) *Placer un point* M *sur la droite.* — (Epure.) Par M je mène une autre droite quelconque MN. Je cherche comme ci-dessus sa trace au tableau N, son point de fuite K. Je reporte ces points sur le tableau en *n* et en *k* ; la perspective de MN (épure) est la droite *mn* (tableau) et le croisement de *ab* et de *mn* donne en *m* la perspective du point donné M.

Telle est la méthode générale du tracé perspectif. Elle est très simple et nous verrons, cependant, comment il est pos-

Fig. 192



sible de la simplifier par la connaissance que nous allons faire de ce que l'on nomme les *points de distance*, principaux ou accidentels, réduits ou non réduits.

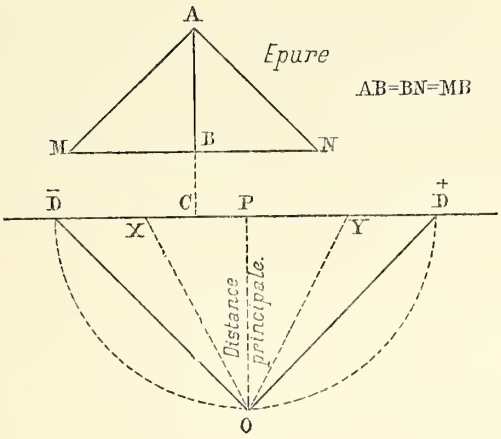
Cette méthode utilise deux directions AB et MN et, par conséquent, deux points de fuite *f* et *k*. C'est pourquoi on lui donne le nom de *méthode du double point de fuite*. Toutes les méthodes de perspective utiliseront, elles aussi, deux points de fuite. Ces points de fuite porteront, comme on va le voir, le nom de points de distance ; peu importe ; le principe sera le même. En réalité la méthode du double point de fuite est donc la méthode générale de perspective. **Il n'y a qu'une méthode** que l'on applique par des procédés plus ou moins simples.

143. Droites dans des positions particulières. — Points principaux de fuite et de distance entière.

Cherchons à mettre en perspective des droites occupant, dans le géométral, des positions particulières.

(*a*) *Droites principales* (c'est-à-dire perpendiculaires au tableau). — Soit AB (fig. 193) une pareille droite. Je fais la perspective comme tout à l'heure. Le point de fuite des lignes principales est le *point principal de fuite p* (tableau).

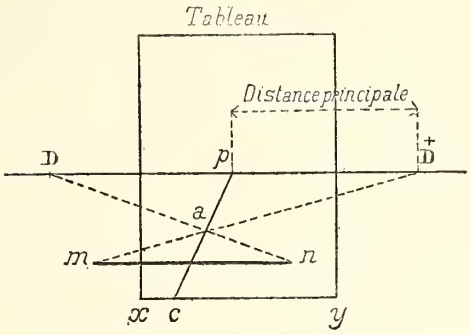
Fig. 193



Je porte (tableau) xc = XC (épure) et j'ai en cap la perspective de CA.

(*b*) *Droites d'égale resection*. — On nomme ainsi (fig. 193) des droites telles que MA et NA qui recoupent en parties égales les lignes de front (BN) et les lignes principales (BA). On a sur l'épure :

Fig. 194



$$BN = BA \text{ et } BM = BA.$$

Pour avoir le point de fuite de la ligne d'égale resection MA, je lui mène une parallèle $O\overset{+}{D}$, et la similitude des triangles me donne aussi $OP = P\overset{+}{D}$.

Le point $\overset{+}{D}$ (tableau) est le point de fuite des lignes d'égale resection.

Pour l'obtenir, il suffit donc de porter sur la ligne d'horizon, à partir du point principal de fuite P, une longueur $P\overset{+}{D}$ égale à la distance principale de l'œil, ce qui fait donner à ce point le nom de *point principal de distance entière*.

Il faut donc bien se persuader que le point de distance est un point de fuite comme un autre, et il serait bon de retenir la définition suivante :

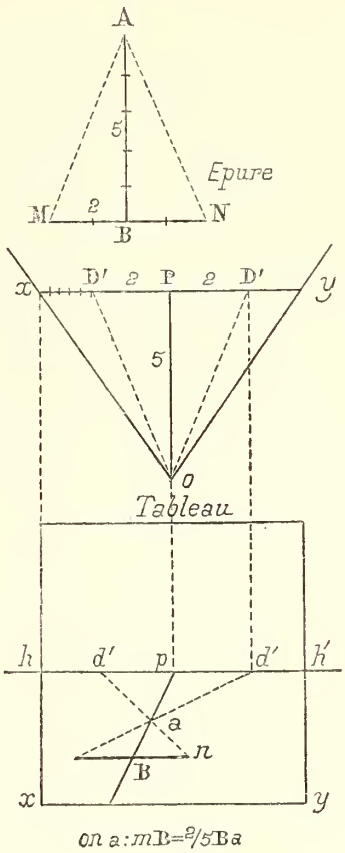
(*c*) *Définition. — Le point principal de distance entière est le point de fuite des lignes d'égale resection, c'est-à-dire des droites qui recoupent en parties égales les lignes de front et les fuyantes principales.*

Il y a le point de distance de droite $\overset{+}{D}$ (plus D) pour les lignes d'égale resection de droite, et le point de distance de gauche $\overset{-}{D}$ (moins D) pour celles de gauche.

144. Points principaux de distance réduite.

(*a*) *Droites de resection*, 1/2, 1/3, 1/4.... m/n. — Sur une épure analogue (fig. 195), menons une droite principale AB et une ligne AM, telle que le segment de front BM soit, par exemple, les 2/5 de AB.

Fig. 195



Nous nommerons une droite telle que MA une *ligne de resection* 2/5.

Nous obtiendrons le point de fuite de la droite MA en lui menant la parallèle OD', et la similitude des triangles nous indique encore que PD' = 2/5PO, c'est-à-dire les 2/5 de la distance principale.

Nous nommerons ce point le *point principal de 2/5 de distance.*

C'est un point de distance réduite. Il peut y en avoir autant que l'on veut.

Ainsi, en portant à droite ou à gauche du point principal P une longueur égale aux m/n de la distance, on aura le point principal de m/n de distance, ce qui conduit à la définition suivante :

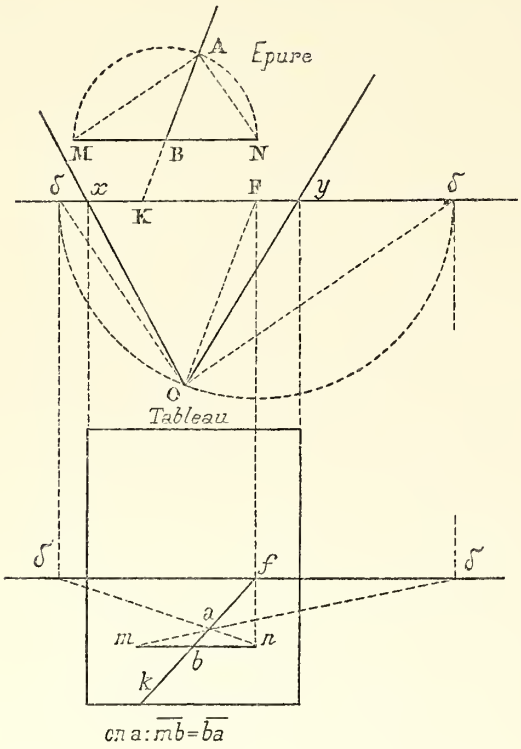
(*b*) *Définition.* — *Le point principal de m/n de distance est le point de fuite des lignes de resection m/n, c'est-à-dire des lignes qui interceptent sur les lignes de front et sur des fuyantes principales, des segments qui sont entre enx comme m est à n.*

Ce rapport m/n peut être quelconque, 1/2, 1/3, 1/4, etc...., voire même être incommensurable.

145. Points de fuite accidentels et points de distance correspondants.

Il faut savoir généraliser les notions qui précèdent et les

Fig. 197



étendre aux directions autres que les directions principales.

(*a*) *Lignes accidentelles d'égale resection.* — Soit (fig. 197) en épure : 1° le tableau xy ; 2° une droite quelconque AB ; F est son point de fuite obtenu comme on sait ; 3° MN une droite de front, et, de part et d'autre de B, deux segments MB et NB, égaux chacun à AB.

Nous appellerons aussi les droites telles que MA et NA des *lignes d'égale resection, relativement à la direction* AB dont le point de fuite est F.

On aura le point de fuite δ de la droite AM en lui menant, par l'œil, la parallèle Oδ, ou bien, ce qui reviendra au même, en portant au compas, à partir du point de fuite f, sur la ligne d'horizon, la distance *oblique* OF mesurée sur l'épure.

(*b*) *Point de distance d'une direction accidentelle.* — Ce point δ sera le *point accidentel de distance* répondant à la direction f (c'est-à-dire dont le point de fuite est f), et il jouira des mêmes propriétés que tout à l'heure.

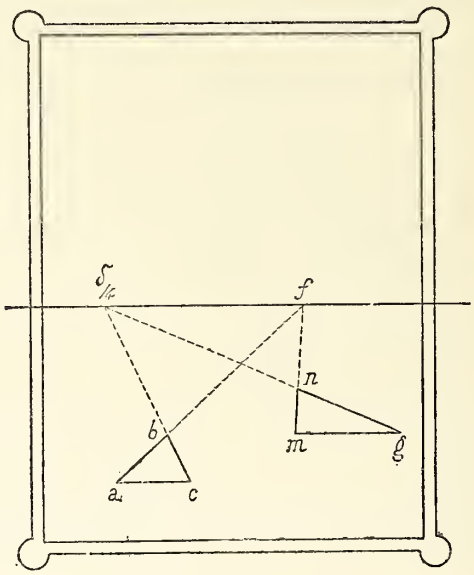
Ce sera le point de fuite des droites d'égale resection pour la direction f, c'est-à-dire des droites qui interceptent sur les lignes de front et sur les fuyantes au point f, des segments égaux.

(*c*) *Remarques.* — 1° Nous disons la direction f parce que, en effet, en perspective, une direction est indiquée par son point de fuite.

2° Nous emploierons la lettre d, ou 1/2 d, ou 1/3 d, pour désigner les points principaux de distance. Quand il s'agira d'un point accidentel, nous emploierons ordinairement la lettre grecque δ, 1/2 δ...

(*d*) *Points accidentels de distance réduite.* — En portant à droite ou à gauche de f, des longueurs égales à 1/2, 2/3,

Fig. 198



3/4..... m/n de la distance oblique OF, on aura les points de 1/2, 2/3, 3/4..... m/n de distance correspondants.

Ce seront, par rapport à la direction f, les points de fuite des droites de resection 1/2, 2/3, 3/4..... m/n. Il est inutile d'insister.

(*e*) *Résumé.* — Pour résumer, retenons bien le fait suivant : On nous donne sur un tableau tout fait (fig. 198) un point

accidentel de fuite f, et en $\delta/4$ le point de $1/4$ de distance qui lui correspond.

Si je mène : 1° la fuyante abf; 2° la ligne de front ac; et enfin, 3° la fuyante $cb\delta/4$, je puis affirmer que *dans l'espace*, on a réellement $ac = 1/4\ ab$,
de même $mg = 1/4\ mn$.

On généralisera facilement pour le cas où on aurait donné $\delta/3$, $\delta/5$..... $\delta m/n$ au lieu de $\delta/4$.

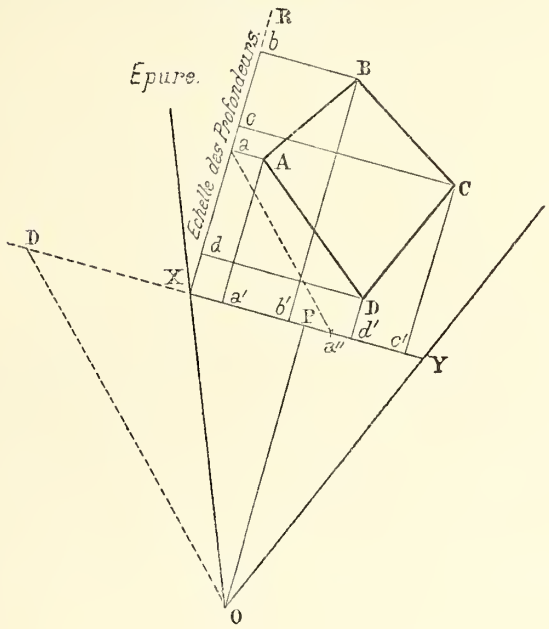
Les applications qui vont suivre fixeront sur l'usage des points de distance, principaux ou accidentels, réduits ou non réduits, et feront apprécier les simplifications que leur emploi apporte aux tracés perspectifs.

§ II. — Emploi des points principaux de fuite et de distance

146. Perspective d'un quadrilatère. — Tableau non amplifié. — Emploi de lignes principales.

(*a*) *Mise en place du tableau.* — Je prends le quadrilatère

Fig. 199 (Epure)



ABCD (fig. 199) comme exemple d'une série de points distribués d'une manière quelconque dans le géométral.

Par X (épure) je mène XR perpendiculaire sur XY, ce sera l'*échelle des profondeurs droites*, et j'y projette ABCD, en *abcd*, par des lignes de front. Je mène aussi par les points ABCD des parallèles à XR, et j'obtiens en X, $a'b'c'd'$ les *largeurs* des points.

Cela fait, je reproduis le tableau (fig. 200) sans l'amplifier.

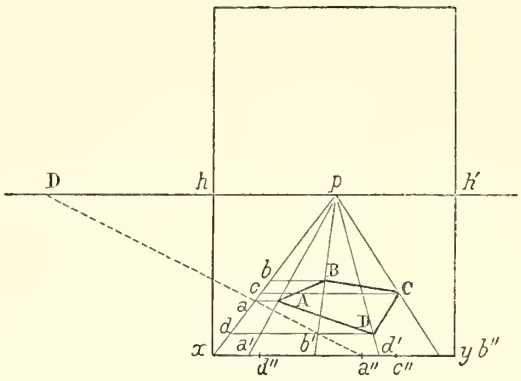
J'ai xy (tableau) = XY (épure) et la ligne d'horizon hh' donnée par la hauteur de l'œil.

(*b*) *Mise en largeur.* — Sur une bande de papier je prends (épure) les largeurs $Xa'b'c'd'$ et je les reporte (tableau) sur la base, en $xa'c'd'$.

Du point O (épure) j'abaisse OP perpendiculaire sur XY et, par suite, parallèle à XR et à Aa', Bb', etc... Je reporte P en p sur la ligne d'horizon hh' (tableau), ce qui me donne le point principal de fuite, et, joignant (tableau) $a'p$, $b'p$, $c'p$..... j'obtiens les perspectives des droites de l'épure Aa', Bb', etc... On dit alors que les points sont *mis en largeur*; ils devront se trouver sur ces fuyantes principales.

(*c*) *Mise en profondeur.* — L'échelle des profondeurs XR

Fig. 200 (Tableau)



de l'épure a pour perspective la fuyante xp du tableau. Sur cette échelle je vais placer en perspective les points abc. ..; raisonnons pour a.

A cet effet: imaginons que par le point a, on ait mené une ligne d'*égale resection* aa''; on aura $Xa'' = Xa$ (épure).

Mettons en perspective cette ligne d'égale resection. Son point de fuite est le point principal de distance D, obtenu (tableau) en portant à gauche de p, pD (tableau) = OP (épure).

On achèvera comme nous allons l'indiquer :

1° On prendra donc la profondeur Xa (épure);

2° On la portera (tableau) en largeur de x en a'' sur la base du tableau et à gauche à partir du pied x de l'échelle des largeurs;

3° On joindra a''D et on aura, par recoupement en a, la perspective demandée;

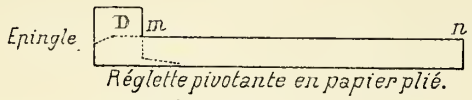
4° Par a, on mènera une ligne de front aA (tableau) jusqu'à la rencontre avec la fuyante a'P.

On voit que ces constructions pourront se faire sans plus rien tracer sur l'épure, car les lignes auxiliaires d'égale resection sont inutiles à figurer sur cette épure. Nous ne les avons tracées que pour faciliter le raisonnement.

(*d*) *Tracé pratique.* — Pratiquement on opère comme suit : Sur une bande de papier on relève, à la fois, toutes les profondeurs Xa, Xb, Xc...; on les reporte en *largeur*, sur la base du tableau, à partir de x, en xa'', b'', c''... Puis, pla-

çant une réglette en papier plié (fig. 201) de telle sorte qu'à l'aide d'une épingle, elle puisse pivoter autour du point de distance, on joint D*a*″, D*b*″... et, par recoupements, on obtient sur l'échelle des profondeurs les points *abcd*. Il reste enfin, avec le T, à ramener, par des lignes de front, ces

Fig. 201



points sur leurs fuyantes respectives, en ABCD (tableau).

(e) *Remarque*. — Ces tracés sont simples ; ils ne surchargent de lignes, ni l'épure ni le tableau ; cependant ils ne répondent pas encore complètement à ce qui a été annoncé au début.

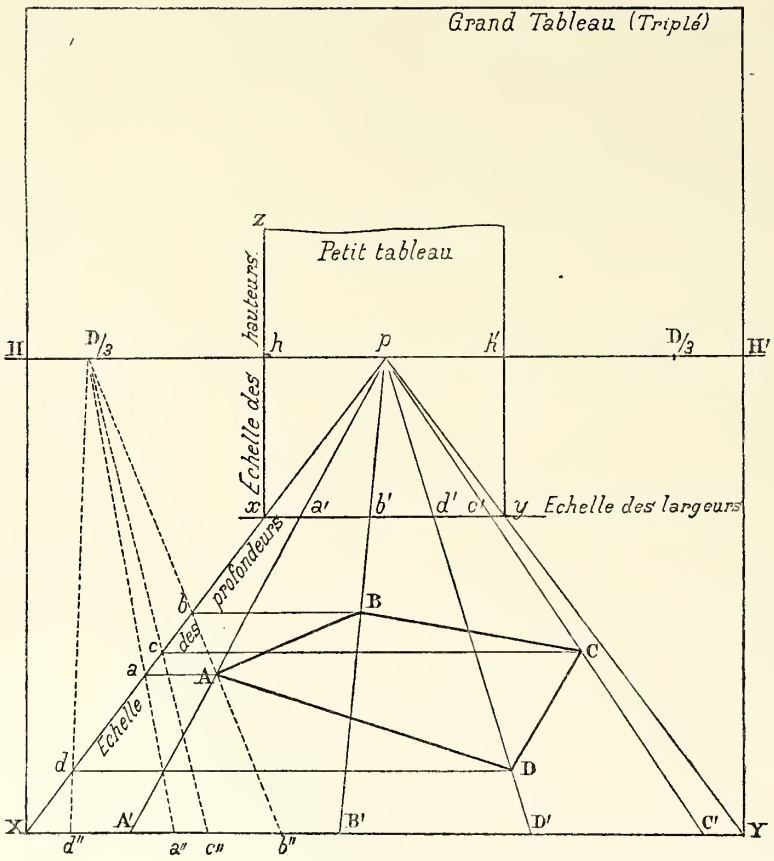
En effet : 1° le tableau est très petit et il faudrait après coup l'amplifier ; 2° le point de distance D qui est un point de fuite auxiliaire, tombe très en dehors du cadre, puisque nous avons recommandé (n° 141), de prendre la distance au moins égale à deux fois et demie, environ, la largeur du tableau, ce qui n'a même pas été fait sur la figure 199. Il serait ainsi ce que l'on nomme *inaccessible*.

Nous allons montrer, qu'en amplifiant directement le tableau, non seulement on ne compliquera pas les constructions, mais encore on n'aura plus à se servir de points de fuite auxiliaires inaccessibles.

147. Même problème en amplifiant directement le tableau (Tableau triplé).

Je garde l'épure précédente (fig. 199), mais je construis (fig. 202) un tableau qui sera, par exemple, 3 fois plus grand. Voici la meilleure manière d'opérer.

Fig. 202



(*a*) *Le petit tableau et le grand tableau*. — Je commence par dessiner, comme figure 200, un tableau non amplifié. Nous l'appellerons le *petit tableau hh'xy*. Puis joignant *px* et *py*, j'inscrirai entre ces deux fuyantes prolongées la base XY de mon *grand tableau*, de telle sorte qu'elle ait la largeur que je désire : ici j'aurai XY = 3 fois *xy*.

La hauteur de l'horizon HX sera donc égale à 3 fois la hauteur primitive *hx*.

Pour bien voir ces deux tableaux, il faut imaginer que le petit tableau, primitivement placé très loin et par suite apparaissent très petit, se rapproche en glissant sur les deux droites parallèles dans l'espace *px*X et *py*Y comme sur des rails de chemin de fer, et se grandit à l'œil jusqu'à apparaître 3 fois plus grand qu'il ne paraissait dans la position *hh'xy*.

(*b*) *Mise en largeur*. — On fera comme tout à l'heure ;

avec une bande de papier on portera les largeurs, prises sur l'épure, en $xa'b'c'$ sur la base du *petit tableau*. On mènera les fuyantes pa', pb', pc' et on aura en XA', B', C' sur la base du grand tableau les largeurs amplifiées dans le rapport voulu.

(*c*) *Mise en profondeur*. — L'échelle des profondeurs a toujours pour perspective X*p*. On prendra sur l'épure, et avec la bande de papier, les profondeurs xa, xb, xc, ... (épure). *On se gardera bien de les tripler*, et on les reportera en largeur à partir de X, en Xa'', b'', c'', ..., exactement comme tout à l'heure.

En réalité, on n'a donc là que les tiers des profondeurs.

Mais prenons aussi la distance PO (épure) et *sans l'amplifier*, reportons-la sur le tableau de P en D/3. Le point D/3 ainsi obtenu ne nous donnera en réalité que le point 1/3 de distance du grand tableau.

Enfin joignons les points a''. b'', c'', ... au point D/3, nous obtenons avec l'échelle des profondeurs les mêmes recoupements a, b, c, ... que si nous avions triplé les profondeurs de l'épure et, aussi, triplé la distance.

En effet : la ligne du tableau a''D/3 est une ligne de resection 1/3 ; on a donc, dans l'espace : aX = 3 fois Xa'' et comme Xa'' était 3 fois trop petit, Xa, qui est 3 fois plus grand, est bien à la profondeur voulue.

On achève ensuite en menant les lignes de front, comme dans le cas précédent.

(*d*) *Remarques*. — 1° L'amplification n'a compliqué en rien les tracés. Elle n'a eu pour effet, *heureux*, que de ramener le point de fuite auxiliaire D/3 dans les limites du cadre, ce qui est très important.

2° On aurait pu donner au tableau XY une grandeur quelconque, celle qui plairait. Le rapport d'amplification pourrait être aussi compliqué que l'on voudrait, même incommensurable, les constructions seraient toujours aussi simples.

3° On a employé ici des fuyantes principales ; l'échelle des profondeurs était perpendiculaire au tableau. On va montrer, dans l'exemple suivant, l'avantage qu'il y aurait, *dans certains cas*, à se servir de profondeurs obliques et des points de fuite accidentels qui correspondent à la direction de ces profondeurs obliques.

4° Toutes les fuyantes se tracent par règles pivotantes (fig. 201).

§ III. — Emploi des points accidentels de fuite et et de distance

147. Perspective d'un plan régulier, ne se présentant pas de front. — Emploi de lignes dominantes.

Le plus ordinairement, lorsque l'on fait la perspective d'un édifice ou d'un fragment d'architecture (voir le plan d'escalier, fig. 203), les points sont distribués sur des directions déterminées que nous nommerons les *dominantes* du dessin. Souvent aussi il y a deux dominantes perpendiculaires entre elles et, comme on évite de donner des vues faites complètement sur l'angle, il y aura, presque toujours, une de ces dominantes dont le point de fuite sera accessible.

On prendra cette dominante comme direction des profondeurs obliques et on fera les tracés en se servant de ces profondeurs obliques comme nous venons de le faire avec les profondeurs principales.

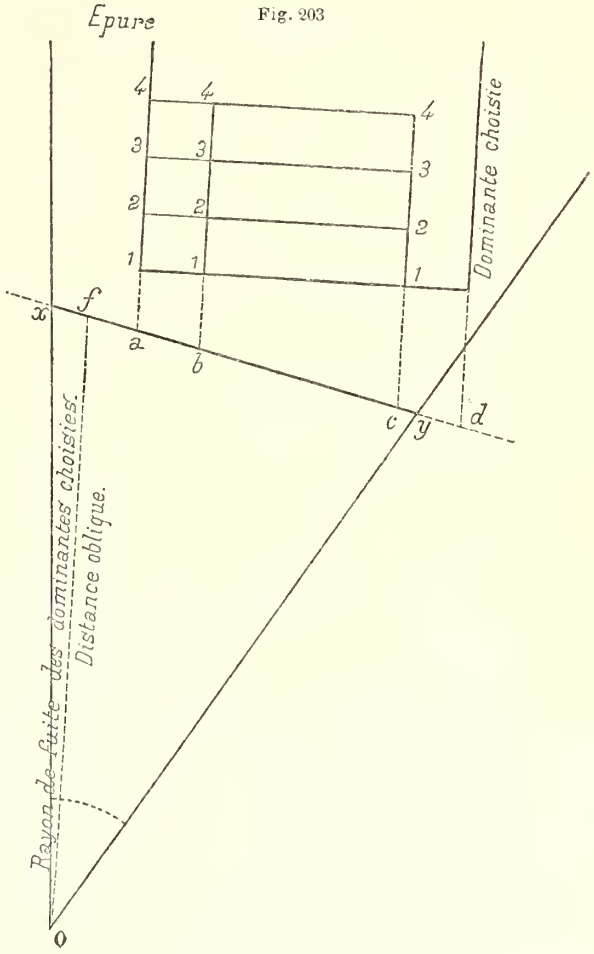
Soit à mettre en perspective un plan d'escalier (fig. 203). Le tableau est en xy (épure). Comme *dominantes* je prends les lignes auxquelles répondent les lettres a, b, c, d, parce que leur point de fuite f est dans les limites du cadre. Je vais mettre en perspective les points 1, 2, 3, 4 situés sur la ligne a.

J'abrège la description des opérations.

1° En $hh'xy$ (fig. 204) je construis le *petit tableau* à la grandeur de celui de l'épure ;

2° Je reporte f sur la ligne d'horizon ; je joins fx, fy et j'inscris en XY entre ces lignes prolongées le *grand tableau* à la grandeur qui me plaît ou qui m'est imposée par les

Fig. 203

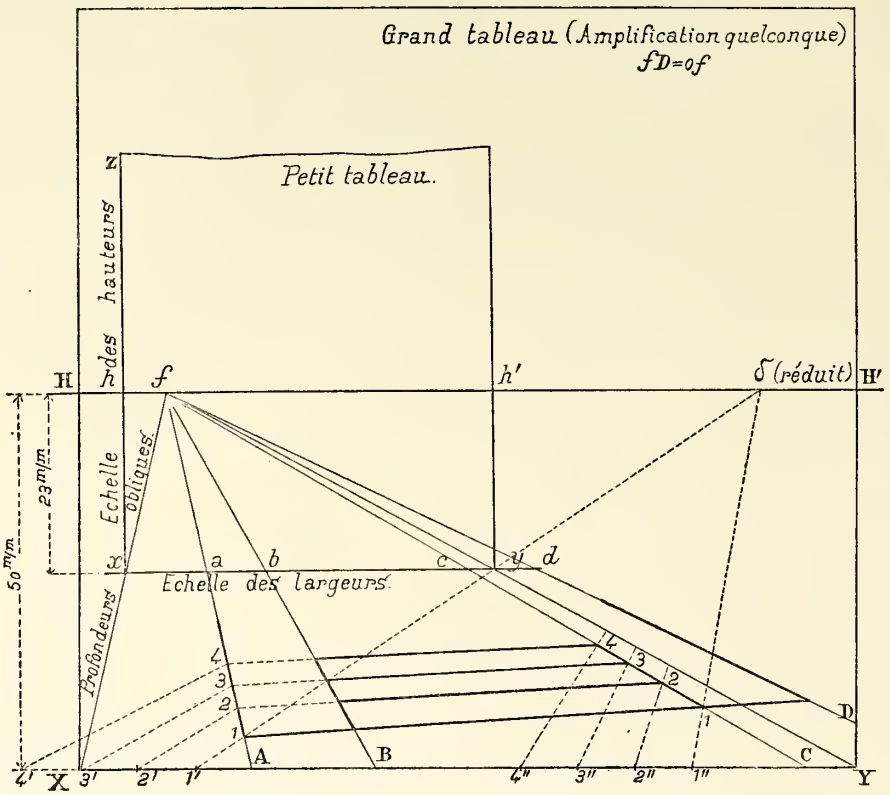


dimensions de la toile. (Le rapport d'amplification, ici, est compliqué ; il est 50/23 environ. Néanmoins les constructions seront aussi faciles que si le rapport était plus simple.)

3° Sur une bande de papier je relève les largeurs de l'épure *xa*, *xb*, *xc*, *xd* ; je les reporte sur la base du *petit tableau*, et, menant les fuyantes *fa*, *fb*, *fc*, ... j'obtiens en A, B, C, D sur la base XY du grand tableau les largeurs amplifiées dans le rapport donné 50/23.

4° Je prends, au compas, sur l'épure, la distance oblique O*f*, et (tableau) je la reporte de *f* en δ soit à droite soit à gauche. Mais nous sommes entraînés à le porter de préférence à droite, car le point de gauche serait trop en dehors du cadre ;

Fig. 204



J'ai ainsi les points accidentels de distance réduite de la direction *f*. (Ce sont les points 23/50δ.)

5° Avec une autre bande de papier je relève (épure) les profondeurs obliques *a*1, 2, 3, 4, et (tableau) je les reporte à *gauche* de A en 1', 2', ...

Nota. — Nous les avons portés *à gauche* de A parce que nous comptons nous servir du point réduit de distance, δ, situé *à droite* de *f*.

6° Avec une règle pivotante, je joins 1'δ, 2'δ, etc...,., et j'ai en 1, 2, 3, 4 sur la droite A*f* les points cherchés ;

7° Je fais de même pour les points 1, 2, 3, 4 situés sur la ligne C, en remarquant que la bande de papier qui m'avait servi pour relever les profondeurs *a* 1, 2, 3..... me sert encore pour les profondenrs *c* 1, 2, 3..... Il suffit de changer le point de repère *a*, et de lui substituer le point *c*.

Le reste du tracé se saisit facilement.

148. **Résumé. — Méthode des trois échelles.**

On voit que cet emploi du point de fuite accidentel des dominantes réduit au minimum les lignes de construction. S'il avait fallu se servir des fuyantes principales pour mettre en place les points 1, 2, 3, 4..... nous eussions été amené à tracer au moins un nombre triple de lignes. Le tableau, lui-même, est aussi peu chargé que possible et les constructions sortent très peu en dehors du cadre.

Le *petit tableau* joue ici un rôle très important. C'est, en réalité, un plan de front dont on connaît l'échelle qui est celle de l'épure géométrale.

Si l'épure est à l'échelle de 1/10, toute figure du petit tableau se perspective aussi dans le grand, à l'échelle de 1/10.

La base *xy* du petit tableau prend le nom d'*échelle des largeurs*, parce que, en effet, nous y avons porté des largeurs à l'échelle qu'elles ont sur l'épure et qui nous est connue.

Le côté vertical xz du petit tableau se nommera l'*échelle des hauteurs* pour une raison analogue, parce que nous y porterons les hauteurs à la même échelle que sur l'épure. (Voir plus loin : Mise en hauteur.)

Enfin Xf est la perspective de l'*échelle des profondeurs obliques*.

L'existence de ces trois échelles fait quelquefois donner à la méthode que l'on vient d'exposer le nom de *méthode des trois échelles*.

Il ne faudrait pas, néanmoins, croire, avec certaines personnes, qu'il y a là une méthode toute spéciale de perspective. Quelle que soit la marche suivie dans une épure de perspective, il faut toujours, en dernière analyse, mettre en perspective les trois coordonnées d'un point qui sont : sa largeur, sa profondeur et sa hauteur. Il faut donc posséder dans le tableau trois échelles, c'est-à dire trois axes de coordonnées répondant à ces trois éléments de mise en place.

149. Généralisation de la méthode des trois échelles. Dans le cas précédent nous avons pris deux échelles (celle des largeurs et celles des profondeur) dans le plan horizontal, tandis que la troisième (l'échelle des hauteurs) serait verticale. Mais nous verrons plus tard, quand nous parlerons de l'emploi de *boîtes* ou *épannelages*, qu'on peut les prendre dans des positions tout à fait quelconques.

En effet : un objet, si compliqué soit-il, peut toujours s'inscrire dans un parallélipipède, ou *boîte d'épannelage*, dont trois arêtes, issues d'un même sommet, peuvent être prises comme axes de coordonnées (largeurs, profondeurs et hauteurs). Au besoin, ces arêtes peuvent être graduées c'est-à-dire divisées en parties égales, chacune de ces parties représentant l'unité de longueur. Nous aurons ainsi ce que nous nommerons une *boîte graduée*. Or il sera très facile de mettre cette *boîte* en perspective avec ses axes gradués perspectivement. Nous pourrons aussi, pour les problèmes d'ombres, chercher en perspective l'ombre portée par elle et dans l'intérieur du dessin ou de l'ombre de cette boîte graduée nous placerons facilement le dessin ou l'ombre de l'objet qu'elle contient en utilisant les connaissances que nous aurons des dimensions absolues de cet objet.

Mais cette dernière partie des tracés suppose la connaissance des méthodes dites de *perspective directe* que nous allons commencer à étudier au chapitre suivant.

CHAPITRE III

PERSPECTIVE DIRECTE SANS LES POINTS PRINCIPAUX

§ I. — Reproduction ou évaluation de rapports

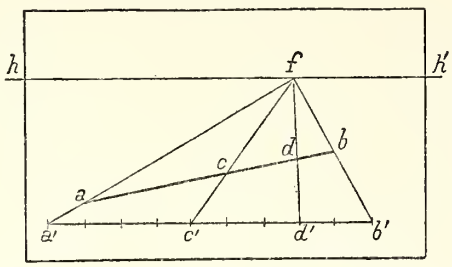
150. Introduction.

Pour les questions qui vont être traitées dans les chapitres suivants, on supposera que les lignes d'ensemble à mettre en perspective ont été établies par les prodédés indiqués ci-cessus, c'est-à-dire par les méthodes de *perspective générale*. Elles pourraient aussi, lorsque l'on dessine d'après nature, avoir été établies par l'observation directe du modèle. Sur ces figures d'ensemble, que nous supposerons justes, nous pouvons avoir à résoudre quelques problèmes de détail. Nous voulons les résoudre sans plus avoir recours à l'épure : nous avons dit (n° 135) pourquoi nous voulions, pour ces opérations, ne nous appuyer que sur les lignes perspectives déjà tracées sur le tableau ; il nous faut donc pour cela des méthodes particulières qui constituent les procédés dits de *perspective directe*.

151. Problème 1. — Partager une droite du géométral en parties égales ou qui soient entre elles dans un rapport donné.

(*a*) *1er Cas. La ligne est de front.* — Puisque les rapports dans lesquels une ligne de front est divisée se conservent en perspective, il suffit de diviser la perspective de cette droite en parties égales ou qui soient entre elles dans le rapport donné (figure inutile).

Fig. 205



(*b*) *2e Cas. La ligne est fuyante.* — Soit à partager, par exemple (fig. 205), la fuyante *ab* en parties qui soient entre elles dans un rapport donné (par exemple comme les nombres 4, 3 et 2).

On joindra les deux points d'extrémité *a* et *b* à un point quelconque *f* de la ligne d'horizon. On inscrira une ligne de front *a'b'* entre ces deux fuyantes. On divisera *a'b'* dans le rapport donné aux points *c'* et *d'*. On mènera les fuyantes *fc'*, *fd'* et aux intersections avec la droite *ab*, on aura aux points *c* et *d* les points demandés.

En effet, dans le géométral, les fuyantes *fc'*, *fd'*....., *fb'*..... sont parallèles. Les deux sécantes *ab* et *a'b'* les recoupent donc en donnant des segments proportionnels. C.Q.F.D.

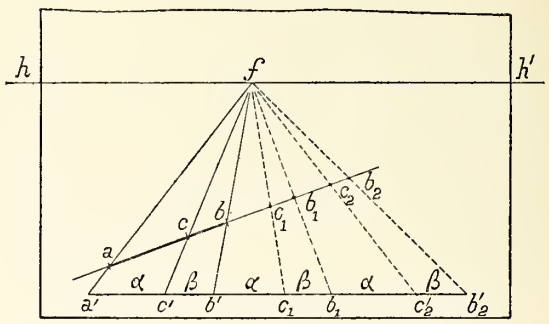
(*c*) *Nota.* — Le point *f* n'a pas besoin d'être le point principal. Il suffit qu'il soit pris sur la ligne d'horizon.

152. Problème 2. — Prolonger sur une droite du géométral une division amorcée sur cette ligne (fig. 206).

Soit *ab* un premier fragment de droite du géométral divisé dans un rapport quelconque par le point *c*. On veut prolonger au-delà du point *b* la division amorcée *acb*.

(*a*) *Solution.* — On mène les trois fuyantes quelconques *fa*, *fb*, *fc*. On les coupe par une ligne de front quelconque *a'c'b'*. Sur cette ligne de front prolongée on répète la division *a'c'b'* en c_1b_1, c_2b_2..... autant de fois qu'on le désire. On mène les fuyantes par ces points et l'on obtient par recoupement avec *ab* prolongée les points demandés c_1b_1, c_2b_2..., etc.

Fig. 206



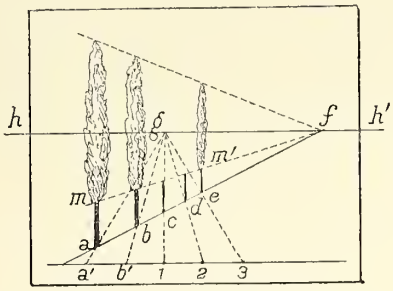
(*b*) *Problème inverse.* — Trouver le rapport exact dans lequel une droite *ab* est divisée par un point *c*. (Même figure.)

On mène les fuyantes *fa*, *fb*, *fc*. On les coupe par une ligne de front *a'c'b'* et l'on obtient sur cette ligne le rapport exact *a'c'* : *a'b'*.

153. Applications.

(*a*) *Continuer, sur une route, un tracé d'arbres* (fig. 207). — Ordinairement, ce problème se présente quand on dessine d'après nature.

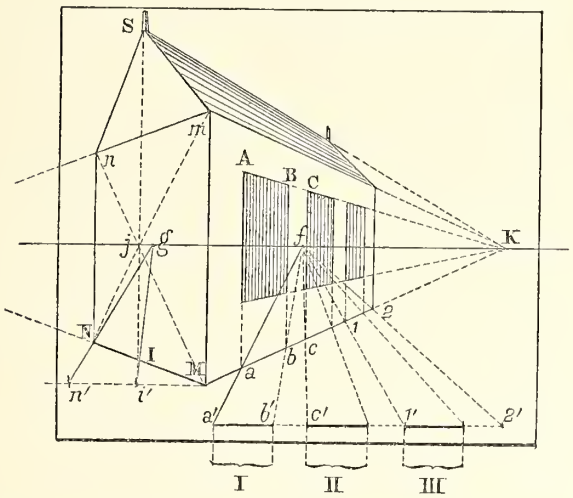
Fig. 207



Par exemple : Sur une route horizontale fuyante *abf*, on a dessiné d'après nature les deux premiers arbres, *a* et *b*, d'une rangée et on veut en dessiner d'autres de manière à être certain qu'ils soient tous également espacés.

A cet effet : 1° on mène une ligne de front quelconque *a'b'* ; 2° on prend un point de fuite quelconque *g* sur l'horizon ; 3° on mène les fuyantes *ga* et *gb* répondant aux deux premiers arbres, ce qui donne sur la ligne de front un premier segment *a'b'* ; 4° on reporte ce segment en 1, 2, 3, autant de fois que l'on veut d'arbres à la suite, et 5° joignant 1*g*, 2*g*, 3*g*, on a, par recoupement, en *cde*, les pieds des arbres demandés.

Fig. 208



(*b*) *Continuer sur un mur* (*fig.* 208) *un tracé amorcé de fenêtres et de trumeaux* — La première fenêtre est AB ; le trumeau qui vient ensuite est BC. On demande de dessiner à la suite deux fenêtres et deux trumeaux identiques.

Il est inutile d'expliquer le tracé indiqué en *a'b'*1'2' sur une ligne de front : il est analogue au précédent.

(*c*) *Prendre le milieu d'une horizontale fuyante.* — La même figure montre comment, sur la gauche, on a trouvé la verticale SIJ qui, passant par l'axe du mur de gauche, contient le sommet S du pignon.

On voit deux méthodes indiquées :

Dans la première on a cherché en I comme ci-dessus le milieu perspectif de la fuyante MN ;

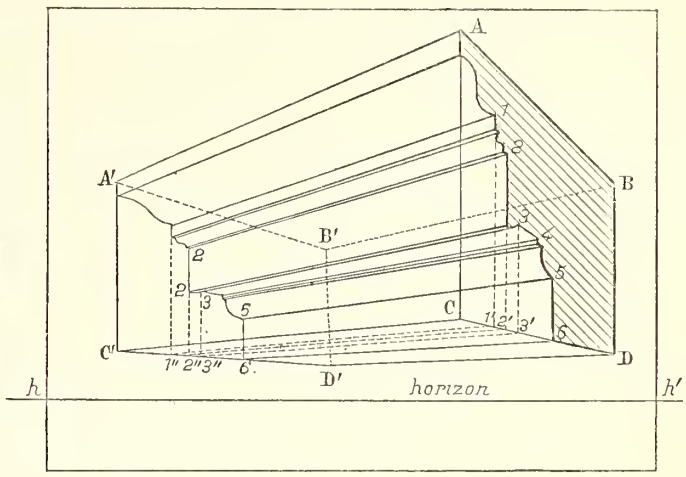
Dans la seconde on a mené les diagonales *m*N et *n*M du rectangle de l'espace *mn*NM et leur croisement J donne un point de l'axe cherché.

(*d*) *Nota.* — Sur le dessin ci-contre les deux droites *mn* et MN doivent fuir à un même point inaccessible de la ligne d'horizon (Problème résolu au paragraphe suivant).

154. Fréquence de fuyantes dont le point de fuite est inaccessible.

Il arrivera très souvent que des fuyantes auront leur point de fuite *inaccessible*, c'est-à-dire situé en dehors des limites de la feuille d'épure ou de la toile dont on dispose. Il faudra néanmoins savoir les tracer en aussi grand nombre qu'il sera nécessaire et il est très important de connaître pour cela des méthodes simples, expéditives et ne surchargeant pas le dessin.

Fig. 209



Pour fixer les idées, prenons un exemple (fig. 209). Ce que nous allons dire s'applique aussi bien à des horizontales du géométral, qu'à des horizontales quelconques hors du géométral.

Supposons que nous ayons mis en place, soit par les méthodes exactes, soit par l'observation directe en dessinant d'après nature, la masse d'un fragment de corniche. Sa *boîte d'épannelage* (et par abréviation sa *boîte*) (1) est ici un

(1) On nomme *épannelage*, en construction, la masse de pierre simplement dégrossie, mais en général taillée sous forme d'un solide géométrique simple, dans laquelle le sculpteur viendra plus tard faire apparaître une moulure ou

parallélipipède rectangle que nous supposons exactement dessiné en ABCD, A'B'C'D' et nous avons seulement figuré la perspective du profil A1, 2, 3, 4, 5, etc..., situé dans la face antérieure ABCD de la masse.

Nous pouvons, et même nous devons, à partir de ce moment, achever le dessin, presque sans regarder le modèle qui pose ou sans revenir à l'épure géométrale.

Il nous faut : 1° par les points 1, 2, 3... du profil déjà dessiné, mener des fuyantes qui convergent avec AA' ou BB' en un point de fuite, très souvent inaccessible, situé sur la ligne de l'horizon, et 2° déduire le profil, inconnu, dans la face A'B'C'D', du profil, connu, dans la face ABCD.

Occupons-nous immédiatement de cette seconde partie, et supposons que nous sachions mener les fuyantes; nous indiquerons tout à l'heure divers moyens pour cela :

1° Je projetterai en 1'2'3'..... les points 1, 2, 3, 4..... du profil connu sur la base CD du rectangle d'épannelage qui le contient et qui est en avant ; 2° je ramènerai, par des fuyantes, ces points en 1"2"3"..... sur la base C'D' de l'autre rectangle ; 3° je remonterai de ces points, par des verticales, en 1, 2, 3..... sur les fuyantes déjà tracées dans l'espace, et 4° je ferai passer le second profil par ces points.

N'insistons pas sur cette partie de la question, car nous donnerons plus loin un moyen très précis et très rapide pour tracer perspectivement, dans un rectangle d'épannelage connu, un profil donné de moulures. (Voir plus loin emploi des échelles divergentes, perspective des moulures.)

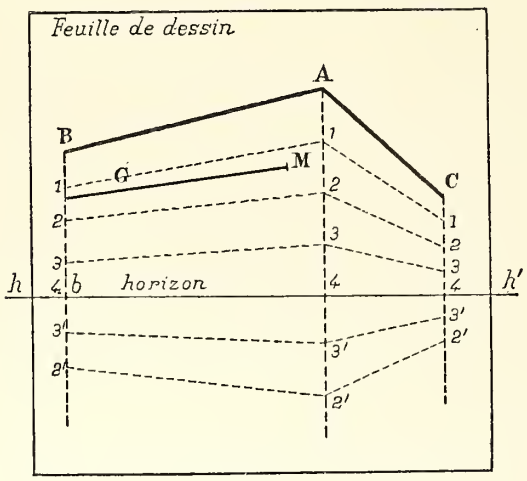
Revenons au tracé des fuyantes.

§ II. — Tracés de parallèles ayant des points de fuite inaccessibles

155. Méthode des réseaux perspectifs dits : régulateurs. Le procédé quenous allons indiquer n'est qu'approximatif. On l'emploie surtout quand on dessine d'après nature ou lorsque l'on fait des perspectives très grandes, comme dans les décors de théâtre.

On voit (fig. 210) sur la feuille de dessin : 1° la ligne

Fig 210



d'horizon *hh'*, qu'il ne faut jamais oublier d'indiquer, presque avant toute autre, même quand on dessine d'après nature, et, 2° une ligne fuyante AB, qui a été établie soit par l'observation, soit par une épure, mais que nous admettons comme étant parfaitement juste.

une sculpture. Nous devons aussi, lorsque nous dessinons un objet en relief un peu compliqué, imaginer des sortes d'épannelages simples (ce que les peintres appellent les *masses*), serrant d'aussi près que possible cet objet, mais plus faciles que lui à voir et à mettre en perspective soit par l'observation directe, soit par la perspective générale.

Imaginons que l'on prévoie un grand nombre de fuyantes à faire passer par le point de fuite *inaccessible*, de AB. On s'y préparera en exécutant d'abord, très légèrement, le réseau de lignes indiqué en 1 1, 2 2, 3 3..... et obtenu de la manière suivante :

1° On mène la verticale A*a*, et on la partage, *à partir de l'horizon*, en 4 ou 6 parties égales (peu importe le nombre). Néanmoins la division en 2, 4, 8..... parties égales est plus commode que toute autre, surtout quand on dessine d'après nature et sans compas, parce qu'elle peut se faire à l'aide d'une bande de papier que l'on replie 2, 4 ou 8 fois sur elle-même.

2° On fait de même pour la verticale B*b* et on joint ensuite les points de division.

On prolonge même les divisions de l'autre côté de la ligne d'horizon, en 3', 2'..... si cela est nécessaire.

Ces lignes fuient, évidemment, au point inaccessible, d'après la théorie des lignes proportionnelles ;

3° Si maintenant l'on a, par un point M, qui n'est pas sur une des lignes précédentes, à mener une fuyante MG, on la trace facilement alors en se guidant sur les deux lignes du réseau qui sont aux environs. On fait en sorte que la ligne MG, que l'on trace, partage dans un rapport constant l'intervalle des lignes du réseau qui lui servent de guide. Le coup d'œil suffit pour cela.

Dans beaucoup de dessins, nous aurons des fuyantes dans un sens AB, et d'autres dans un autre sens AC. On appliquera le procédé dans les deux cas.

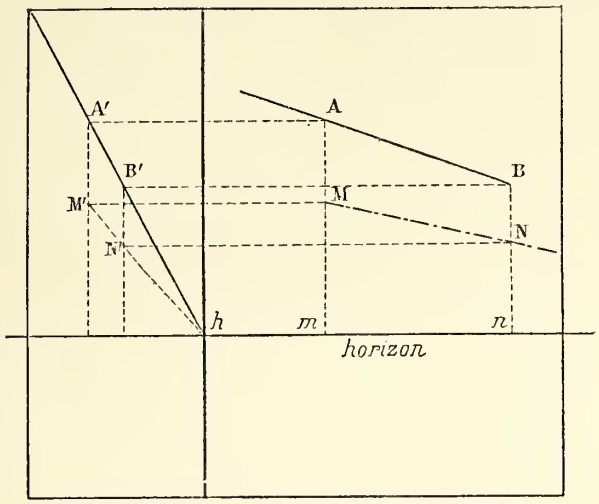
Ce réseau auxiliaire sera, bien entendu, tracé très légèrement au crayon ou au fusain et effacé une fois le dessin terminé.

Les peintres décorateurs de théâtre font un usage constant de ces réseaux perspectifs. Avec eux nous leur donnerons le nom de *régulateurs*.

156. Procédé par lignes proportionnelles (Exact).

Même problème. — Mener par M une parallèle perspective, MN, à la droite horizontale déjà tracée AB (fig. 211).

Fig. 211



Je mène la droite AM*m* perpendiculaire sur *hh'*. Elle pourrait lui être oblique. Sur une autre droite B*n*, parallèle à la précédente, je cherche, par les méthodes connues de géométrie, un point N qui la partage dans le même rapport et je joins ensuite M et N.

Nota. — Dans le cas où l'on se serait servi d'un mur latéral fuyant pour la mise en hauteur, comme nous l'indiquerons plus loin, la figure 211 montre, sur la gauche, comment cette opération peut se faire, en utilisant les fuyantes A'*h* — M'*h* tracées sur ce mur.

Ces tracés ont l'inconvénient d'être longs et de surcharger la feuille par des lignes de construction. C'est pourquoi nous allons faire connaître des instruments qui permettent de dessiner immédiatement, sans constructions préalables, des lignes droites convergeant à des points inaccessibles.

157. Règle évidée (fig. 212).

(*a*) *Construction de la règle.* — Sur une feuille de papier

Fig. 212

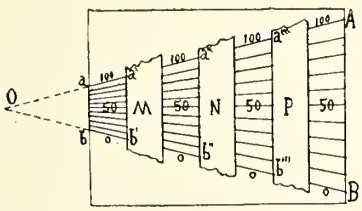
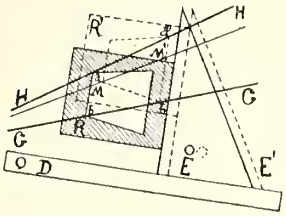


Fig. 213



bien résistant on trace deux droites parallèles AB et *ab*. On divise la première AB en parties égales (100 par exemple), que l'on numérote comme un décimètre divisé et on joint les points de division à un sommet O par des lignes très finement tracées à l'encre de Chine. Cela fait : on découpe dans la feuille des évidements, ou *fenêtres*, tels que M, N, P dont les bords *a'b'* — *a''b''*....., que nous nommerons des *cadres*, soient bien parallèles à AB. On obtient ainsi, sur la même feuille, un certain nombre (ici huit) de graduations proportionnelles, *ab*, *a'b'*.. .. AB...

(*b*) *Son usage.* — Soient (fig. 213) deux *lignes initiales* H et G convergeant en un point de fuite inaccessible et soit M le *point de départ* d'une fuyante à mener à ce point inaccessible. 1° On place la *règle évidée* de telle sorte que l'un de ses *cadres* passant par le point M, deux repères de ce cadre, *a* et *b* (de préférence ses deux extrémités), s'appuient sur les lignes initiales et on lit le numéro de la graduation qui répond au point M. — 2° On déplace l'appareil, parallèlement à lui-même, jusqu'à ce que les deux repères homologues *a'* et *b'* d'un second cadre viennent s'appuyer aussi sur les lignes initiales H et G et sur le second cadre ainsi placé on marque en M' l'homologue du point M. Il ne reste plus, ensuite, qu'à tracer MM'.

(*c*) *Nota* : Le parallélisme du second cadre *a'b'* par rapport au premier *ab* peut s'obtenir à vue d'œil, ce qui est généralement suffisant dans la pratique. Si on veut le réaliser rigoureusement la figure 213 montre comment, en faisant glisser une équerre EE' sur une règle D et, en déplaçant la règle évidée de R en R' sur l'équerre, on peut arriver à inscrire le second cadre *a'b'* entre les deux droites initiales H et G.

158. Echelle extensible.

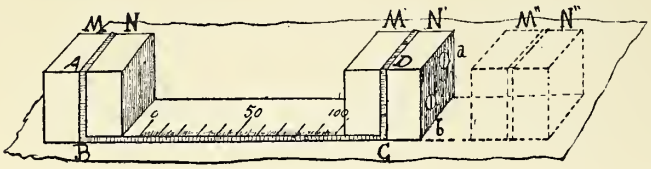
(*a*) *Elasticité du caoutchouc.* — Le caoutchouc, débité en feuilles d'épaisseur bien égale, jouit de la propriété de se dilater avec une régularité si parfaite qu'une figure tracée à sa surface se réduit ou s'amplifie en restant toujours semblable à elle-même. Cette propriété est utilisée par les imprimeurs lithographes pour exécuter immédiatement, à l'aide d'un appareil imaginé par M. Loir, des reports de dessins avec changement quelconque d'échelle. Nous l'avons, de notre côté, appliqué à ce que nous nommerons une *échelle extensible*, dont l'emploi, dans beaucoup de cas, est à recommander.

(*b*) *Echelle extensible à main* (fig. 214). — Dans une règle carrée en bois, de 2 centimètres environ d'épaisseur, on découpe, à la scie, quatre tasseaux M, N, M'. N' entre lesquels on pince, en les serrant par des vis *a* et *b*, les extrémités d'une lanière de caoutchouc, ABCD.

Les bracelets en caoutchouc gris que l'on trouve dans le commerce au prix de 0f,15 à 0f,20 peuvent très bien être employés pour cela. A l'aide d'un décimètre, sur la lanière légèrement tendue, on trace une graduation à l'encre de Chine et l'échelle extensible est construite. Pour s'en servir on met le pouce de la main sur les tasseaux de gauche M et N, et on écarte plus ou moins, avec le troisième doigt de la

même main, les tasseaux de droite M'N', jusqu'à les amener en M''N'' à la distance voulue, tout en ayant soin de tenir l'échelle bien appuyée sur la feuille de papier.

Fig. 214



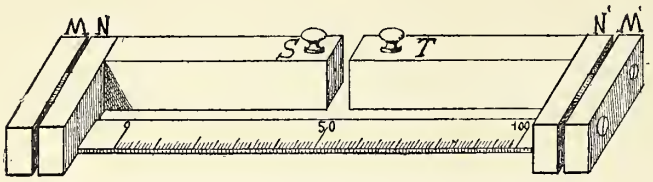
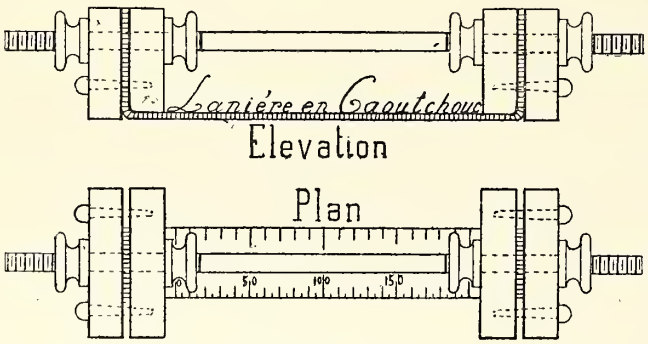


Fig. 215

Le champ d'extension de l'*échelle à main* est limité à l'étendue de la main ouverte, c'est-à-dire à 20 centimètres environ. On peut augmenter ce champ, et presque le doubler, en ajoutant (fig. 215) entre les tasseaux deux tiges de bois S et T clouées sur eux, et qui réduisent le vide, en augmentant la portée.

(*c*) *Échelle extensible*, à *vis* (fig. 216). — Lorsque l'on veut

Fig. 216



à la fois plus d'exactitude et plus d'extension et, surtout, lorsque la bande graduée une fois amenée à la longueur voulue doit servir à exécuter entièrement un dessin à l'échelle pour laquelle elle a été réglée, on fait traverser les tasseaux par une tige filetée munie de deux écrous intérieurs, soit à oreilles, soit à molettes.

(*d*) *Usage de l'échelle extensible.* — Il est inutile d'indiquer comment on l'appliquera aux tracés des lignes fuyantes d'après la méthode ci-dessus, par lignes proportionnelles. Nous nous contenterons seulement de montrer comment, surtout à l'aide de l'échelle extensible à vis, on peut faire immédiatement des changements d'échelle quelque compliqués qu'ils soient.

(*e*) *1re Application.* — Soit, par exemple, à transformer en un dessin à l'échelle de $0^m,175$ pour 1 mètre un modèle graphié exécuté à $0^m,125$ pour 1 mètre : c'est une amplification à faire dans le rapport de 175 à 125. Nous supposerons que l'on se sert de l'échelle à vis et qu'elle a été divisée en 200 parties égales, comme le serait un double décimètre.

1° On distend la bande de caoutchouc jusqu'à ce que la longueur marquée sur elle, 125, occupe, mesurée sur un double décimètre, une longueur de 175 millimètres vrais. On fixe les écrous et dès lors l'appareil est réglé pour exécuter l'amplification demandée. Cela fait :

2° On mesure successivement avec un vrai décimètre toutes les dimensions du modèle donné et successivement on les reproduit en lisant sur l'échelle extensible les dimensions homologues du dessin à exécuter.

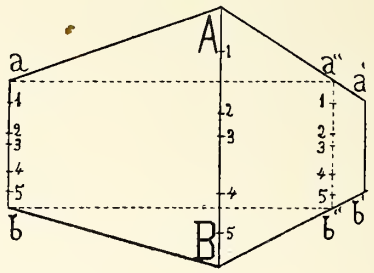
(*f*) *2e Application.* — Même problème en ne fixant pas *a priori* le rapport numérique d'amplification et de réduction, mais en demandant que telle ligne, AB du modèle ait, sur la copie, une longueur *ab*, dont le rapport à AB, peut être tout à fait quelconque, voire même incommensurable. Cela se présentera très souvent en perspective.

1° Avec un vrai décimètre on mesure, sur le modèle la longueur donnée AB ; supposons que l'on trouve 87 millimètres.

2° On agit sur les écrous de l'appareil jusqu'à ce que la ligne *ab* imposée comme devant être la copie de AB, occupe sur l'échelle dilatée la longueur marquée 87 ; et l'instrument est réglé. On achève ensuite comme ci-dessus.

(*g*) *3e Application.* — Dans un dessin perspectif exécuté, soit à vue, soit par les méthodes géométriques, mener dans deux directions une série de lignes fuyantes dont on a les points de départ 1, 2, 3, 4 sur une même ligne droite de front AB (fig. 217).

Fig. 217



Soient A*a* et B*b* les deux fuyantes initiales de la première direction et A*a'*, B*b'* les fuyantes initiales de l'autre direction.

1° On intercepte entre les initiales de chacune des deux directions des lignes de front *ab* et *a''b''* ayant la même longueur, et on mesure cette longueur avec un vrai décimètre. Supposons que l'on trouve, 103 millimètres.

2° On agit sur les écrous de l'appareil jusqu'à ce que la longueur marquée sur lui 103, coïncide avec AB.

3° On pose l'échelle extensible, ainsi réglée, le long de la

ligne AB et on y lit les nombres qui correspondent aux points de départ 1, 2, 3.....

4° Avec un vrai décimètre on reporte en 1, 2, 3... et en 1-2-3 .. leurs homologues sur les verticales *ab* et *a''b''*. Il ne reste plus, ensuite, qu'à joindre les homologues.

(*h*) *Nota*. — Ces appareils donnent facilement des points isolés des lignes demandées mais il reste à tracer ces dernières.

Ceux que nous allons décrire permettent de dessiner immédiatement les lignes convergentes ; c'est pourquoi nous les désignerons sous le nom de *délinéateurs de convergence*.

§ III. — Délinéateurs de convergence

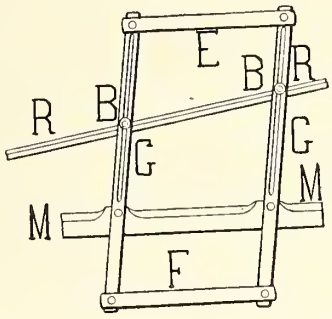
A. Parallélogrammes articulés

159. Parallélogramme de Thibault (fig. 218).

(*a*) *Principe de l'appareil*. — La figure ci-contre fait comprendre comment cet appareil est la réalisation matérielle du principe des lignes proportionnelles indiqué au n° 156.

RR et MM étant deux fuyantes initiales on fixe sur la planche à dessin les points M et M de la première (laquelle est généralement la ligne d'horizon) et, dans toutes les positions possibles que l'appareil peut prendre la droite RR va concourir en un même point de fuite, même inaccessible.

Fig. 218



La réalisation matérielle de l'appareil est assez compliquée, et plusieurs constructeurs ou professeurs (1) l'ont tentée avec succès. Nous décrirons seulement l'appareil construit par notre homonyme et ancien élève M. *J.-F. Pillet*, Ingénieur civil et Professeur de dessin de la ville de Paris.

160. Parallélogramme de M. J.-F. Pillet (fig. 218).

La *règle d'appui* MM est fixée sur la planche à dessin, et elle est alignée le long de la première fuyante initiale.

La *traçante* RR est alignée le long de la seconde fuyante initiale et les écrous BB sont serrés.

Quand on opère pour la décoration théâtrale on dessine par terre et alors l'opérateur place un pied sur la *règle d'appui* M, ce qui la rend fixe, tandis qu'avec l'autre pied il déplace la barre inférieure F.

La traçante BB, dans toutes les positions qu'elle peut prendre, va converger au point de fuite, même inaccessible, des deux fuyantes initiales R et M.

(1) Entre autres M. Buis (Jean), Professeur de dessin à Lyon, et M. J.-F. Pillet, Ingénieur civil.

B. Regles a trois branches dites : trirègles

161. Principe des trirègles.

(*a*) *Théorème*. — Si trois droites MA, MB, MF, issues d'un même point M (fig. 219), et invariablement liées, c'est-à-dire faisant entre elles des angles constants, se déplacent de telle sorte que deux d'entre elles (que nous nommerons les *glissantes*) passent par deux points fixes A et B (que nous nommerons les *épingles*), la troisième (que nous nommerons la *traçante*) passera constamment par un point fixe F (que nous nommerons un point de fuite ou, d'un mot plus court, un *foyer*).

En effet l'angle AMB étant constant et les deux points A et B étant fixes, le *sommet* M décrit un segment capable de l'angle AMB, c'est-à-dire une circonférence. D'autre part, l'angle AMF est aussi constant et, comme angle inscrit, il a pour mesure la moitié de l'arc AF compris entre ses côtés, ce qui exige que cet arc ait une longueur constante et, par conséquent, que le point F soit fixe sur la circonférence. C.Q.F.D.

(*b*) *Notations*. — Dans tout ce qui va suivre les lettres que nous emploierons auront la signification suivante :

A. 1re Epingle.	B. 2me Epingle.	F. foyer (point de fuite).
a { 1re glissante, s'appuyant sur A.	*b* { 2me glissante, s'appuyant sur B.	*f* { traçante fuyant en F.

φ. Angle des traçantes *a* et *b*.

α et β, angles de la traçante *f* avec les glissantes *a* et *b*.

Dans les figures théoriques qui suivent les glissantes *a* et *b* seront figurées par un trait gros et la traçante *f* par un trait fin.

Nous nommerons *cercle directeur*, le cercle théorique qui contient toujours les trois points fixes, A, B et F, et le point mobile M que nous nommerons le *sommet* de l'appareil.

(*c*) *Classification* (fig. 219 et 220). — Les trois branches de la trirègle peuvent occuper des positions relatives qu'il faut savoir reconnaître, car elles ont de l'influence sur l'emploi des appareils que nous décrirons plus loin. La fig. 219-220 résume les quatre cas qui peuvent se présenter.

Chacun des appareils I et II est *intrafocal*, ce qui veut dire que la traçante (et par conséquent le foyer) est placée

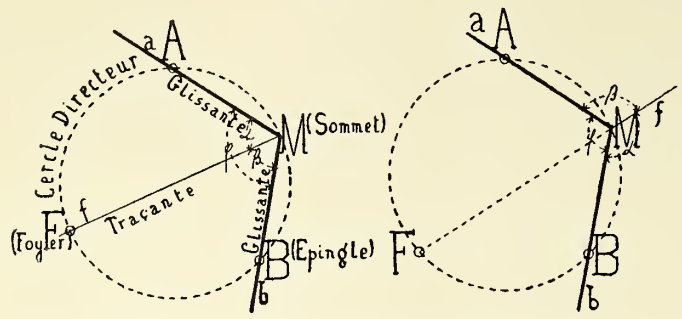
en *dedans* des deux glissantes. Chacun des appareils III et IV est *extrafocal*, parce que la traçante est placée en *dehors* des glissantes.

I et III sont *convergents*, parce que la partie utile de la traçante étant comprise dans le cercle directeur, les fuyantes que l'on tracera iront en se rapprochant du foyer

II et IV sont *divergents* pour les raisons contraires.

Nous dirons, en outre, que l'appareil est *isocèle*. Si (fig. I)

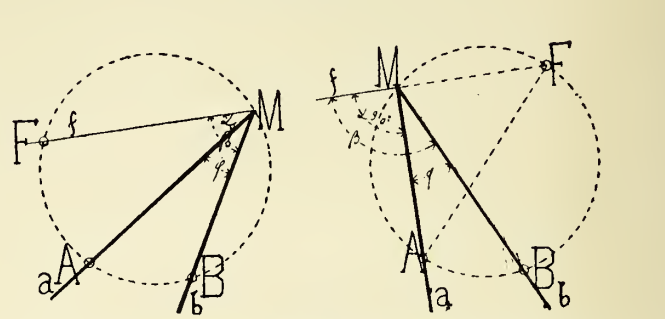
Fig. 219



Intrafocal

I. Convergent (et isocèle). | II. Divergent (et scalène).

Fig. 220



Extrafocal

III. Convergent. | IV. Divergent (et rectangle).

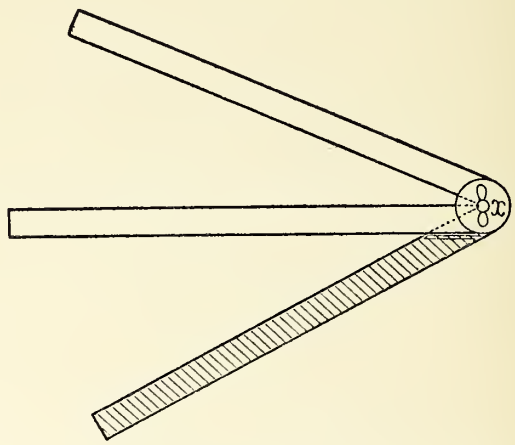
la traçante est la bissectrice de l'angle des glissantes ($\alpha = \beta$) il est *scalène* (fig. II) dans le cas contraire. Les appareils extrafocaux (fig. III et IV) ne peuvent jamais être isocèles.

Mais (fig. 4) ils peuvent être *rectangles* si la tracante est perpendiculaire à l'une des glissantes. Cette disposition est même avantageuse dans certains cas.

Nous allons décrire les principaux modèles pratiques de trirègles.

162. Trirègle à branches mobiles dite de Nicholson (fig. 221). — Trois règles plates, en bois mince, sont découpées sur le modèle qu'indique la figure. Elles sont réunies entre elles par un écrou central x, qui sert à assurer l'invariabilité de leurs angles, lorsque ces angles ont été déterminés d'après les exigences de l'épure, ainsi que nous le montrerons plus loin. Cet appareil peut répondre à tous les cas de la figure 220 ; c'est pourquoi il est très commode. Malheureusement les fabricants d'instruments de dessin le

Fig. 221



livrent à un prix trop élevé pour que son usage se généralise. Ceux que nous allons décrire peuvent, sans dépense sensible, être immédiatement réalisés par tout dessinateur.

Fig. 222

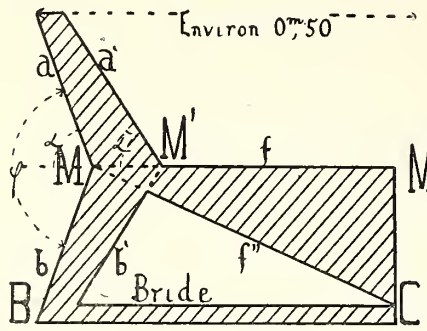


Fig. 223

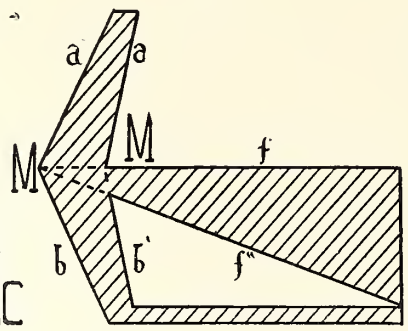
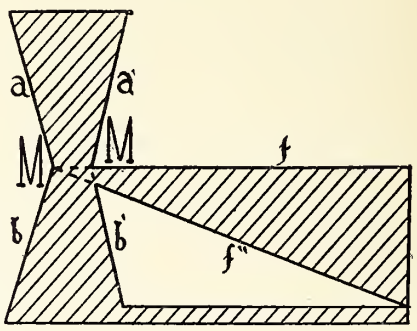


Fig. 224



163. Trirègle à branches fixes dite té-brisé (de M. J. J. Pillet) (fig. 222).

Dans une feuille de papier ou plutôt dans de la carte for-

tement laminée, désignée dans le commerce sous le nom de *carte à satiner*, on découpe une figure semblable à celle ci-contre.

Le modèle de la figure 222 réalise, en réalité, trois té-brisés distincts :

Le premier serait a, b, f.

Le second serait a, b, f'' : Ces tés seraient tous deux à sommet rentrant M. Le troisième $a'b'f$ serait à angle saillant M'. Mais $a'b'f''$ ne constituerait pas un té-brisé parce que la ligne f'' ne concourt pas au sommet M''.

Les deux tés abf et $a'b'f$ sont *isocèles*.

Le té abf'' est *scalène*.

Tous les trois sont *divergents*. Ce sont les plus fréquemments adoptés.

Le modèle de la figure 223 fournit trois tés convergents, à l'aide desquels on trace des fuyantes qui se rapprochent du foyer.

Enfin le modèle de la figure 224 réalise deux tés divergents rentrants, abf (isocèle), abf'' (scalène) et un té convergent-rentrant isocèle $a'b'f$.

Tous ces modèles sont intra-focaux (v. n° 161-*c*).

Nota : 1° Dans un bureau de dessin il suffirait de découper trois modèles, de préférence du type de la figure 222, répondant à six valeurs différentes des angles α, pour permettre d'effectuer tous les tracés qui se présenteraient.

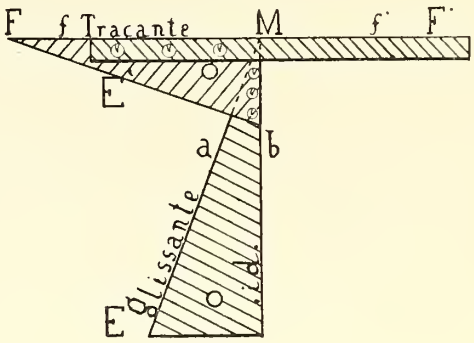
2° En faisant le découpage il sera bon de laisser une bride BC, qui donnera de la rigidité au té-brisé.

164. Trirègle à branches fixes dite : Double-équerre (de M. Guichard) (fig. 225).

M. Guichard, architecte, réalise une règle à trois branches à l'aide de deux équerres, assemblées entre elles par des punaises, comme l'indique la figure 225. L'hypoténuse et le grand côté de la première équerre E, sont les deux glissantes a et b. La traçante f est le grand côté de l'autre équerre E'. M. Guichard recommande de placer la traçante f perpendiculaire à la glissante b, car cette disposition est celle qui, d'après un calcul trigonométrique qu'il établit facilement, permet d'atteindre les points de fuite les plus éloignés.

La *double-équerre* est donc une *trirègle extrafocale*; elle est *convergente* si la traçante est la droite f ; elle est à la fois *convergente* et *divergente* si, comme l'indique M. Guichard, on prolonge la traçante en MF' à l'aide d'une réglette f' fixée par deux punaises, sur la seconde équerre E'.

Fig. 225

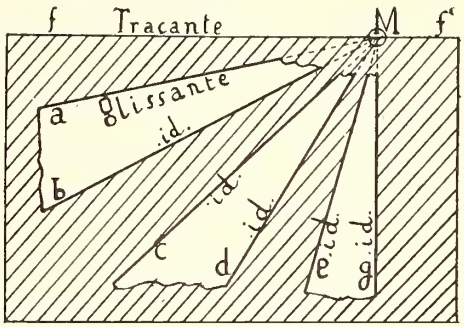


La *double-équerre* possède un champ assez étendu ; on l'emploie surtout lorsque les épingles doivent être placées aux environs du cadre inférieur de la feuille d'épure.

Le *té-brisé* est plutôt employé lorsque les épingles doivent être piquées aux environs des cadres latéraux.

La *règle de Nicholson* se prête à toutes les combinaisons ;

Fig. 226



on peut découper dans une carte la figure 226 ci-contre et réaliser ainsi plusieurs combinaisons de *trirègles extrafocales*, dont un perspecteur exercé pourra tirer le plus grand parti.

Nous allons donner quelques exemples d'utilisation de ces différents modèles de trirègles et particulièrement du té-brisé.

§ IV. — Usage des trirègles

165. Problème fondamental.

Etant donné (fig. 227) deux fuyantes initiales F et F' (autant que possible les fuyantes extrêmes) placer en A et en B des épingles permettant d'utiliser, pour les fuyantes intermédiaires, un des tés-brisés dont on dispose.

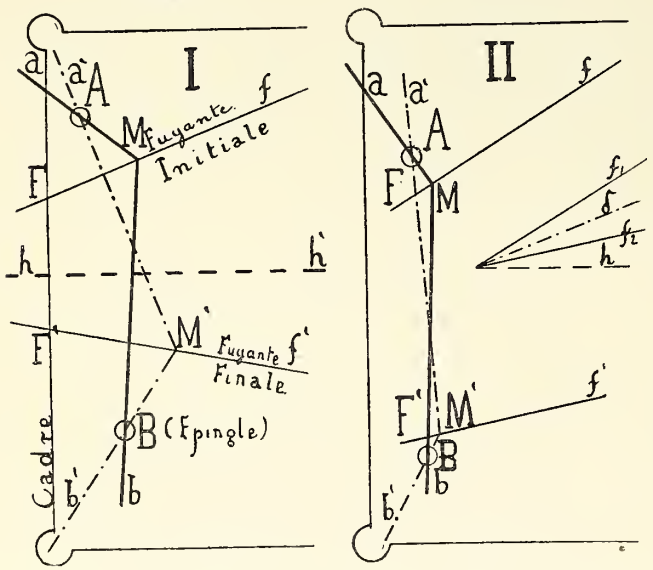
(*a*) *Choix du té-brisé.* — On prendra de préférence un té rentrant, intrafocal et divergent (v. fig. 222), plutôt isocèle que scalène, ce qui entraînera à placer les épingles du côté où les fuyantes sont le plus rapprochées l'une de l'autre. L'angle aigu ($180°-\varphi$) que forment les traçantes a et b, prolongées, doit être un peu plus grand que l'angle des fuyantes extrêmes, ou à la rigueur égal à lui ; sans cela les épingles viendraient buter dans l'angle M, avant que l'on ait atteint les fuyantes extrêmes ; il est facile, à vue d'œil, de choisir celui

des tés dont on dispose de manière à satisfaire à cette condition. Cela posé :

(*b*) *Solution* (fig. 227).—1° En A, plutôt un peu en dehors de la fuyante initiale F que sur cette dernière, on pique, à volonté, la 1re épingle (1). 2° On place le té en M de telle sorte que sa glissante *a*, s'appuyant sur l'épingle A, la traçante *f* coïncide avec la fuyante initiale F ; et, avec un crayon fin, on trace une droite le long de l'autre glissante *b* : la seconde épingle sera forcément sur cette ligne. 3° On place le té dans la position M', sa traçante *f'* coïncidant avec la fuyante finale F' et sa glissante *a'* touchant la 1re épingle. 4° On place la 2me épingle B au croisement de la traçante *b'* et de la traçante *b*.

(*c*) *Emploi de la double équerre* (fig. 229). — Soient MF et M'F' les fuyantes extrêmes. 1° On applique la double équerre dans la position EE' (sa traçante *f* coïncidant avec

Fig. 227 Fig. 228



la fuyante supérieure) ; on pique à volonté la 1re épingle en A et le plus bas possible sur l'hypoténuse, ou glissante *a* de l'équerre E et on trace un trait fin de crayon le long de la glissante *b*.

2° On place l'appareil dans la seconde position E, E1, la traçante *f'* coïncidant avec la fuyante inférieure FM' et la glissante *a'* s'appuyant sur l'épingle A, déjà piquée.

3° On prend en B le recoupement de *b* (première position de la seconde glissante) avec *b'* (seconde position de la même ligne), ce qui donne la seconde épingle.

166. Manière de placer les épingles sur le cadre du dessin.

Le peintre qui travaille sur une toile ne peut piquer d'épingles que sur le bois du châssis ; l'architecte serait embarrassé par des épingles plantées au milieu de la feuille, ce qui l'empêcherait de se servir du té ordinaire pour tracer les verticales de sa perspective. Il y a donc intérêt à savoir se servir d'épingles plantées aux environs du cadre.

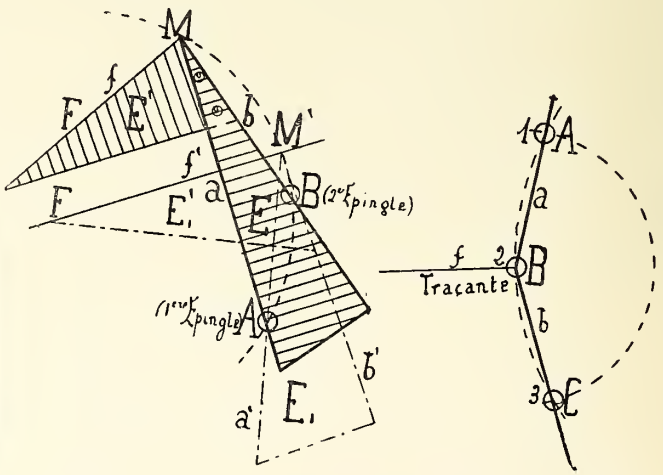
Sur la figure 227, les épingles A et B étaient presque sur une même verticale, qui pourrait être le cadre ; par tâtonnements, en rapprochant un peu A de F, cela aurait fait reculer B vers la gauche et les deux épingles auraient été plus sensiblement encore sur une même verticale, c'est-à-dire tout près du cadre. Le té isocèle a permis d'arriver à ce résultat parce que les fuyantes extrêmes sont de part et d'autre de la ligne d'horizon *hh'*.

Si les fuyantes extrêmes étaient d'un même côté de l'horizon, ce qui arrive très souvent, surtout quand on dessine d'après nature, alors on devrait se servir d'un té *scalène*, ainsi que le montre la figure 228.

Avec un té isocèle on ne serait jamais arrivé à placer les épingles A et B sur une même verticale, tout en les piquant en dehors de fuyantes extrêmes. Le té-brisé devra être d'autant plus scalène, c'est-à-dire avoir sa traçante *f* s'écartant d'autant plus de la bissectrice de l'angle de ses glissantes, que (fig. 228-II) la bissectrice δ de l'angle des deux fuyantes extrêmes f^1 et f_2 s'écarte plus de l'horizontale *h*. Avec un peu d'habitude, toutes ces conditions deviennent faciles à apprécier à vue d'œil.

Nota. — On voit sur la figure 229 que l'emploi de la double-équerre de M. Guichard permet aussi, dans un cas analogue, de placer les épingles sur le bord vertical du cadre ; seulement c'est à droite au lieu d'être à gauche.

Fig. 229 Fig. 230



167. Amplification du champ du té-brisé.

On reconnaît, en expérimentant le té-brisé, ou toute autre trirègle, que le champ des opérations est limité assez vite, soit parce que les épingles viennent buter dans l'angle des traçantes soit parce que les traçantes étant trop courtes elles

(1) Nous recommandons d'employer les épingles d'acier, à tête de verre, que l'on trouve partout : elles sont à la fois solides, fines, et faciles à enfoncer dans le bois, sans se blesser les doigts.

échappent aux épingles. Pour bien faire elles doivent avoir une longueur plus grande que la distance des épingles. Il est facile, en ajoutant des épingles, de rendre le champ pour ainsi dire illimité. Le procédé le plus simple est le suivant.

Soient A et B (fig. 230) deux premières épingles. Lorsque le té occupe la position ABC, il est à bout de course.

On tracera la glissante devenue libre BC, et, portant sur elle une longueur BC égale à BA, on placera en C une troisième épingle ; et ainsi de suite.

Il y a d'autres manières de placer des épingles supplémentaires ; celle-ci est une des plus simples.

168. Emploi des trirègles dans les Problèmes d'ombres.

Nous traiterons cette question dans le chapitre relatif aux ombres.

169. Remarque générale.

Nous ne saurions trop conseiller aux dessinateurs de s'exercer à employer les délinéateurs de convergence et surtout les trirègles. Avec l'aide des instruments très simples que nous avons décrits on dessine aussi facilement et aussi rapidement des fuyantes que l'on trace des parallèles avec un té ordinaire lequel, d'ailleurs, n'est qu'un cas particulier du té-brisé. Je constaterai, avec M. **Guichard**, que bien des artistes (peintres ou architectes) hésitent à faire, de leurs compositions, les perspectives qui seraient soit les plus favorables à l'aspect d'un tableau soit les plus conformes aux conditions dans lesquelles seront placés les édifices une fois bâtis. Cela tient à ce que ces perspectives devraient, le plus souvent, pour satisfaire à ces exigences avoir leurs points de fuite, les plus importants, situés en dehors de l'épure et que, dans ce cas, les tracés anciennement connus pour mener des fuyantes étaient extrêmement compliqués, fastidieux et encombrants. C'est pour la même raison qu'ayant à figurer les ombres, soit au flambeau, soit au soleil et craignant des points de concours inaccessibles, ces mêmes artistes choisissent la source de lumière dans les limites du cadre, ce qui, le plus souvent, ne produit pas les effets d'ombre et de lumière qui seraient les plus avantageux pour l'effet à produire. Avec les instruments que nous avons décrits ces difficultés n'existeront plus et le dessinateur, ayant grâce à eux, toute facilité de travail, ne craindra plus de choisir les données perspectives (spectateur et source de lumière) qui seront les meilleures ou les plus vraies.

Il n'est pas jusqu'à celui qui dessine à vue, soit un paysage soit un fragment d'architecture, qui n'ait intérêt à avoir dans son carton un ou deux des tés-brisés dont nous avons donné le modèle (fig. 222), mais à la condition qu'il ait bien appris à les manier et qu'il n'en fasse pas l'apprentissage au moment de s'en servir. Combien de personnes, en effet, avons-nous vu critiquer ces instruments pour cette raison qu'au bout de cinq minutes elles ne savaient pas encore parfaitement s'en servir !

CHAPITRE IV

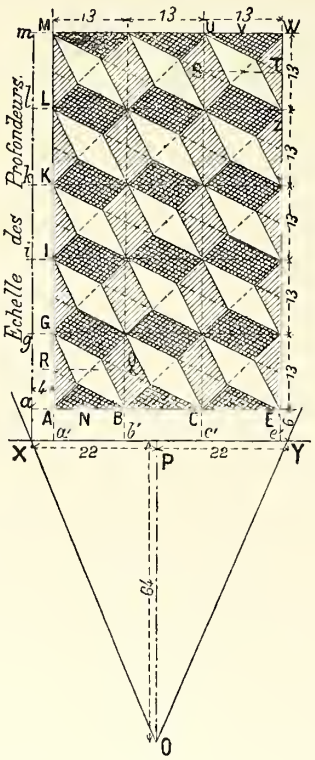
PREMIÈRES APPLICATIONS

§ I. — Représentation de figures géométriques

170. Perspective de front d'un carrelage.

(*a*) *L'épure* (fig. 231). — On voit en O, la projection horizontale de l'œil de l'observateur (ou *point de vue*) ; et en

Fig. 231



XOY l'angle optique (1). Le carrelage se trace dans l'intérieur du rectangle AMNE, et le tableau XY est parallèle au côté AE de ce rectangle ; c'est pourquoi la perspective est dite : *de front*.

(*b*) *Le petit tableau* (fig. 232). — On dessine d'abord le *petit tableau hh'xy*. On a pris *xy* (tableau) = XY (épure) et la hauteur d'horizon (*xh*, ou *yh'*) a été choisie à volonté (ici 30%). — Le point principal est en *p* au milieu de la ligne d'horizon et on a porté, à gauche et à droite, en *p*D/5, la distance principale (ici 64m), ce qui a donné les points de *distance entière du petit tableau*. Ils deviendront des points de *distance réduite* pour le tableau amplifié et la réduction de distance sera précisément l'inverse de l'amplification du tableau. Ainsi nous voulons, en XY, amplifier 5 fois le tableau, les points obtenus seront donc les points D/5 (1/5 de distance).

(*b*) *Le grand tableau.* — Nous menons les fuyantes extrêmes de base *px* et *py* (nous les nommerons les *glissières*), et nous les recoupons en XY, à une largeur qui pourrait être quelconque, mais que nous avons prise égale à 5 fois *xy*. (Tableau quintuplé.)

(*c*) *Mise en largeur du grand réseau* (Epure). — Le dessin est combiné de telle sorte que la connaissance des points de largeur A, B, C, E, et des points de profondeur, AGIKLM, entraîne celle de tous les détails. Dès lors : 1° avec la bande de papier (épure) on prend les largeurs X*a'b'd'e'*Y ; 2° on les reporte (petit tableau) en *xa'b'e'y* ; et 3° on mène les fuyantes principales *pa'*, *pb'*...

(*d*) *Mise en profondeur du grand réseau.* — Sur une bande de papier nous portons (épure) les profondeurs X*a-g-i-k*, *l*, *m*, et (grand tableau) nous les reportons en largeur sur la base du grand tableau en X*a''-g''-i''-k''-l''-m''*.

Nous joignons les points ainsi obtenus au point D/5 de gauche et par recoupements avec la *glissière* X*p*, que nous prenons ici pour échelle des profondeurs, nous obtenons les perspectives *a*, *c*, *i*...

Il ne reste plus qu'à mener des lignes de front par ces points pour obtenir tous les points du grand réseau.

(*e*) *Détails.* — Les détails s'achèvent ensuite facilement en les observant sur l'épure, et en les copiant ensuite sur la perspective que l'on vient de mettre en place dans son ensemble.

(*f*) *Lavis et perspective aérienne.* — On placera sur les carreaux les teintes de couleur que l'on voudra : mais il sera bon de faire un effet de perspective aérienne en donnant plus d'intensité aux teintes de premier plan (v. 2e partie).

(1) Cet angle est trop grand pour le bon effet futur de la perspective. Nous l'avons pris ainsi, afin que le point O soit dans les limites de la feuille. Nous dirons tout à l'heure ce que devrait être l'angle optique et comment, par un *retournement* du point de vue, on pourrait faire rentrer ce dernier dans les limites de la feuille d'épure.

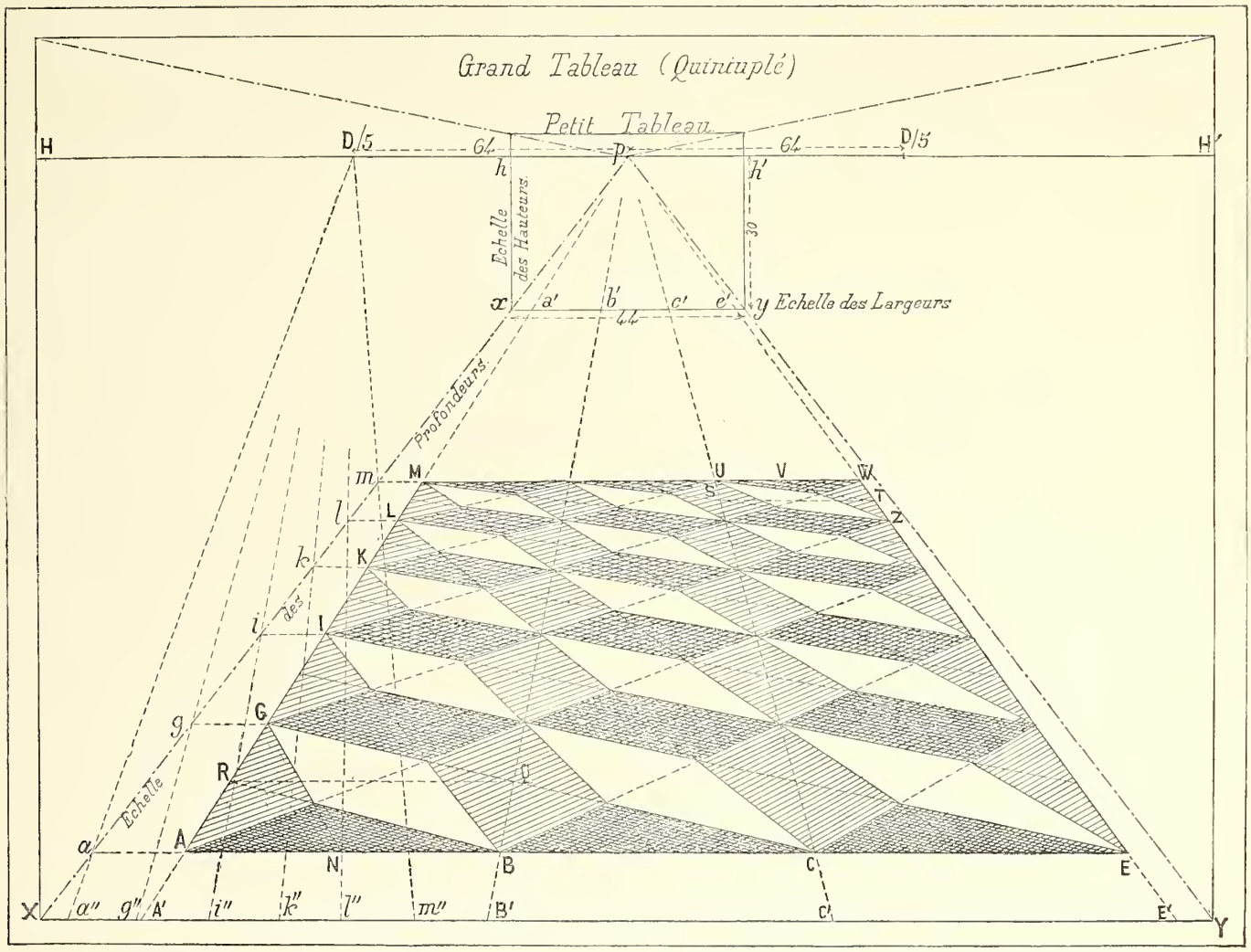
Il sera bon, également, de donner au trait le caractère perspectif, c'est-à-dire de le dessiner en l'amincissant au fur et à mesure qu'il s'éloigne.

171. Conseils pour le choix des données optiques.

Pour bien juger de la perspective qui vient d'être faite (fig. 232) le lecteur devra mettre le dessin dans la position verticale et placer son œil très exactement au point de vue, c'est-à-dire, pour le cas actuel, à 320^{mm} (320 = 5 × 64) en avant du point principal et bien exactement au même niveau que ce dernier.

Il constatera le bon effet produit ; mais il constatera également qu'il a de la difficulté, et même de l'impossibilité, à juger de l'ensemble du carrelage. Cela tient à ce que l'angle

Fig. 232



optique (fig. 231), que nous avons choisi, est trop grand. Que devrait-il être ?

(*a*) *Angle optique.* — L'expérience a démontré que nous ne pouvons apprécier d'un seul coup d'œil que ce qui se trouve dans un angle ou plutôt dans un *cône optique* compris entre 20° et 28°. Cela répond (fig. 231) à une distance principale comprise entre 2 fois et 3 fois la largeur du tableau.

Ne nous occupons que de l'angle optique.

Le cône optique, lequel serait obtenu en faisant tourner l'angle optique XOY (fig. 231) autour du rayon visuel principal OP, nous intéressera lorsque nous nous occuperons des hauteurs.

Il faut considérer à part l'*angle optique tableau* (c'est celui, XOY, qui passe par les limites de gauche et de droite du tableau) et l'*angle optique objet*, ce serait l'angle AOE qui ayant pour sommet le point de vue O, aurait ses côtés qui passeraient par le point le plus à gauche, A, et par le point le plus à droite E de l'objet à représenter.

Ce dernier est le plus important à considérer c'est lui qui doit être contenu dans les limites de 20° à 28° indiquées tout à l'heure.

C'est pour cette raison que l'on recommande aux artistes qui veulent, d'après un relief, dessiner un objet dans les conditions les plus favorables, de se placer, ou de faire placer leurs élèves, à une distance de l'*objet* (je ne dis pas du tableau) qui soit comprise entre 2 fois 1/2 et 3 fois la plus grande dimension de cet objet.

En se plaçant plus près on ne peut pas embrasser d'un seul coup d'œil l'ensemble du modèle et, sur les bords du tableau, on obtient des anamorphoses perspectives d'un très mauvais aspect. En se plaçant plus loin on obtient un dessin sans effet perspectif et qui se rapproche trop d'une projection géométrale (1).

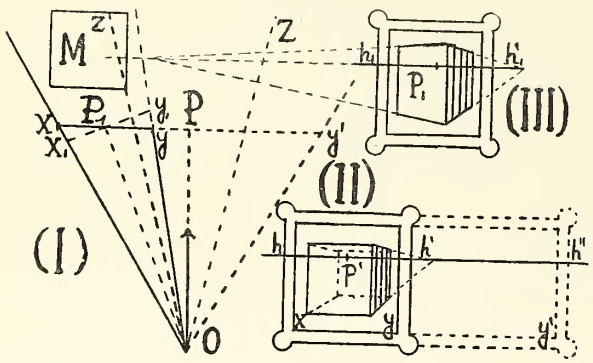
On prend l'*angle optique tableau* un peu plus grand que l'*angle optique objet*, afin qu'il y ait de la *marge* autour du dessin.

(*b*) *Mise en feuille.* — On dit que le dessin est *bien mis en feuille* : 1° lorsque cette marge n'est ni trop grande, ni trop petite ; 2° lorsqu'elle est à peu près égale de chaque côté et, surtout 3° lorsque la *verticale principale*, c'est-à-dire celle qui passe par le point principal P, est bien au milieu de la feuille.

Combattons, à ce sujet, une erreur, trop accréditée, que voici :

(*c*) *Erreur fréquente de mise en feuille.*— Ayant à dessiner

Fig. 233



un objet, un cube M par exemple (fig. 233-I), on met le tableau en X*y* et le point de vue en O ; on trace l'angle optique-tableau *xoy* et, comme il est compris dans les limites voulues, on croit avoir fait un bon choix pour les données optiques. C'est une erreur grave.

En effet : il faut toujours considérer que pour juger d'un tableau on doit se mettre au point de vue O, et diriger son rayon visuel principal suivant la ligne OP, perpendiculaire au tableau.

Dès lors, si on porte, sur la droite, une longueur P*y'* égale à P*y*, le véritable angle optique-tableau est X*oy'*. Il est donc beaucoup trop grand ; le seul acceptable eût été à peu près *zoz'* et une faible partie de l'objet M eût été contenue dans son intérieur.

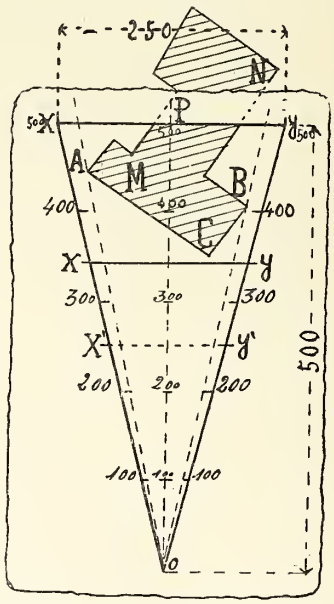
La perspective qui résulterait du choix de tableau X*y*, aurait l'aspect de la figure II. Le point principal P serait en dehors du cadre, et cela conduirait à demander au spectateur de regarder en se posant en avant de P, c'est-à-dire en ne se plaçant pas en face du tableau. Il n'est pas absurde, à priori, de forcer le spectateur à prendre cette position ; on le fait constamment au théâtre pour les châssis de côté, lesquels ont, très souvent, des obliquités bien plus grandes que ne l'est, sur la figure I, celle de X*y* par rapport à OP_1, bissectrice de l'angle optique X_1oy_1.

Mais lorsque, isolé en présence d'un tableau, le spectateur est libre d'aller où il veut, instinctivement (fig. II) il se place en face et dans l'axe, ce qui revient à dire qu'il regarde comme si le point principal était en *p'*, au milieu de *hh'* ; dans ces conditions l'aspect de la figure II... n'est plus tolérable. Il aurait fallu sur l'épure (fig. I) placer le tableau en X_1y_1 de telle sorte que le triangle optique X_1oy_1 soit isocèle, ce qui mettrait le point principal en P_1, bien au milieu de la ligne d'horizon et la perspective aurait l'aspect de la figure III ; ce serait (fig. III) une vue oblique (mais *exacte*) du cube, au lieu d'être (fig. II) une vue de front (mais *inexacte*) du même solide.

172. Chercheur perspectif.

(*a*) *Sa construction.* — Pour faciliter le choix des données optiques nous conseillons aux dessinateurs de découper

Fig. 234



dans une feuille de carton mince ce que nous nommerons un *chercheur* (fig. 234). En réalité c'est un triangle optique isocèle OXY ; on donnera, en millimètres, au vide environ 250 de largeur XY, sur 500 de hauteur, OP. Avant de faire le découpage on aura divisé la hauteur OP en millimètres

(1) Ces conseils sont loin d'être toujours suivis dans les plus importantes Ecoles de Beaux-Arts, c'est-à-dire dans les temples où se rendent les oracles de l'art. J'y ai vu souvent faire dessiner en plaçant les élèves à une distance égale à 25 et 28 fois la plus grande dimension du modèle.

et, menant des parallèles à la base XY, on aura reporté et inscrit les divisions sur les côtés ; de cette façon si l'on fait prendre au tableau, dans le chercheur, la position $x'y'$, par exemple, on saura que cela répond à une distance principale connue en grandeur absolue (ici 250 millimètres), ce qui peut être important à connaître

(*b*) *Son usage.* — Si M (fig. 234) est le plan de l'objet à mettre en perspective, avec le carton découpé on cherche (d'où le nom : *chercheur*) la meilleure position à faire prendre à l'angle optique : 1° pour que la vue ne soit ni trop de front, ce qui donne un aspect pauvre, ni trop franchement sur l'angle, ce qui, en donnant autant d'importance aux deux façades, fournit un dessin qui manque de parti ; 2° pour que les parties en arrière, si elles sont intéressantes, ne soient pas trop masquées par celles qui sont en avant, ou, dans le cas contraire, qu'elles le soient dans la mesure voulue ; 3° pour que le dessin soit bien en feuille ; on le reconnaît en menant, à vue d'œil, l'angle optique-objet OA, OB et en constatant que les marges xa et xb laissées entre lui et l'angle optique-tableau sont à peu près égales et ni trop grandes ni trop petites.

Quand on est ainsi fixé sur l'aspect probable de la perspective à faire, on trace en xy le tableau, mais en ayant soin que x et que y passent exactement par les mêmes divisions de chacun des côtés.

(*c*) *Distance du tableau.* — Le tableau xy ne doit être ni trop près ni trop loin du point C de l'objet qui est le plus rapproché du spectateur. En principe, quelle que soit la position du tableau dans l'angle optique, que ce soit xy ou sa parallèle $x'y'$, on obtiendra toujours la même représentation de l'objet. Seulement, dans la position xy le dessin sera plus grand que dans la position $x'y'$ et il y aura moins de *terrain*, entre la base du tableau et la perspective du point le plus rapproché C.

Avec un peu d'habitude on arrive, à l'aide du chercheur, dont on se servira aussi bien sur le plan que sur l'élévation géométrale de l'objet, à se rendre compte d'une manière très probable du résultat final et, par conséquent, de l'effet artistique que produira la perspective que l'on entreprend. Nous ne saurions trop insister sur cette question du choix des données optiques.

Dans les traités de perspective, faits à l'usage des ingénieurs, on s'occupe en général très peu de ce point de départ et la perspective y est considérée, surtout, comme une application de la géométrie. Dans ce modeste livre nous avons surtout en vue les artistes et c'est pourquoi nous avons traité cette question avec des détails, peut-être, exagérés.

(*d*) *Nota.* — 1° Le chercheur ci-contre a une proportion de 250 de base sur 500 hauteur, c'est-à-dire 1/2 ; ce qui paraît trop grand. Mais il faut remarquer que l'angle optique-objet, AOB, est toujours plus petit que l'angle optique-tableau XOY, ce qui apporte la correction voulue.

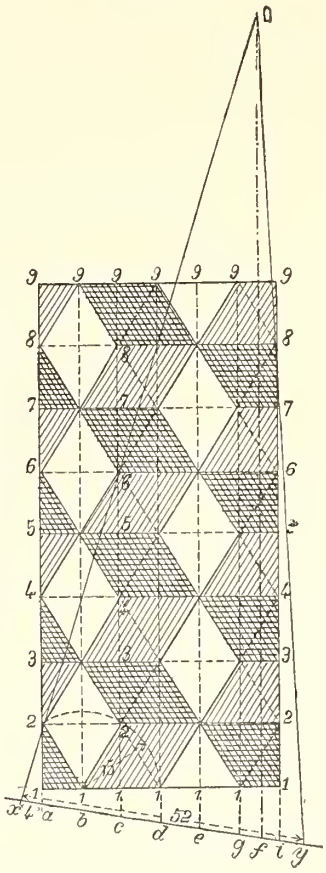
2° On pourrait avoir plusieurs chercheurs, de proportions différentes et même en avoir de moins ouverts (23°) qui seraient des angles optiques-*objet*, la marge se faisant après coup, une fois la perspective terminée.

173. Perspective oblique d'un parquetage.

Cet exemple est donné comme application de l'emploi de fuyantes accidentelles (v. n° 147).

(*a*) *Epure* (fig. 239). — Le chercheur a été utilisé comme il vient d'être dit et après qu'il a eu permis de vérifier la bonne mise en feuille il a été retourné et placé dans la position xOy. Cette opération se nomme le *retournement* de l'œil ;

Fig. 235



elle donne en O, c'est-à-dire dans les limites de l'épure, le *symétrique du point de vue* par rapport au tableau.

La vue étant très peu oblique, si l'on mène le rayon de fuite Of parallèle au grand côté du rectangle, on constate que le point de fuite f vient tomber dans l'intérieur du tableau, ce qui va permettre d'appliquer la méthode du n° 147. Nous allons indiquer rapidement son application au cas actuel.

(*b*) *Mise en place du tableau.* — 1° On dessine (fig. 236) le petit tableau en $hh'xy$, égal en largeur à celui de l'épure.

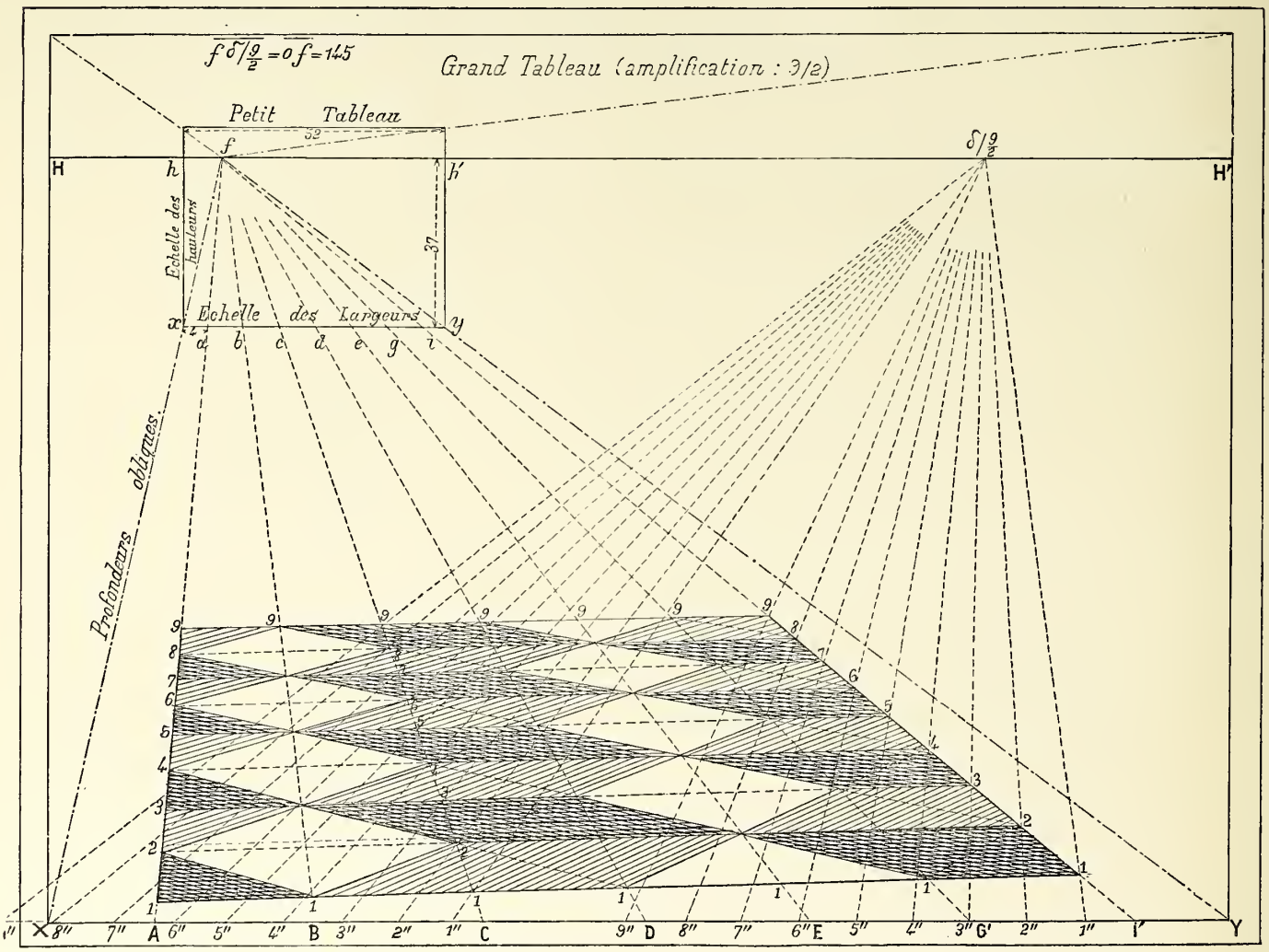
La hauteur d'horizon hx a été prise, arbitrairement, égale à 37 millimètres. Quant au point de fuite f des dominantes

de profondeur, sur l'épure, à cause du retournement de l'œil, il est du côté de y ; mais il aurait dû être du côté opposé x ; nous porterons donc sur la ligne d'horizon hf du tableau égale à yf de l'épure, mais du côté opposé.

2° La profondeur oblique est mesurée en Of (épure) et elle est reportée (tableau) de f en δ sur la ligne d'horizon. Le point δ ainsi obtenu serait le point accidentel vrai de la direction f pour le petit tableau ; mais pour le grand tableau, il sera le point 2/9 de distance, parce que le petit tableau sera amplifié dans le rapport inverse 9/2.

3° On mène les *glissières* fx et fy ; on les recoupe en XY par une parallèle à xy, de telle sorte que XY ait la grandeur que l'on veut donner au grand tableau (ici on a XY = $9/2xy$), et le grand tableau est mis en place en HXYH'.

Fig. 236



(c) *Mise en largeur.* — 1° Nous prolongeons (épure) les dominantes jusqu'au tableau en a, b, c... et nous prenons sur une bande de papier la division $xabc...y$; — 2° (Petit tableau.) Nous reportons cette division en $xabc...y$ sur la base du petit tableau ; 3° nous menons les fuyantes accidentelles fa, fb... ; nous les prolongeons jusqu'à la base du grand tableau en A, B, C...

(d) *Mise en profondeur.* — Nous prendrons (tableau) deux échelles de profondeurs. La première sera la fuyante f1 et la seconde la fuyante fC :

1° Sur l'épure, plaçant une bande de papier le long de la dominante i, nous y marquons les profondeurs obliques i — 1, 2, 3...9 ; et (tableau) nous les reportons, en largeur, de I en 1", 2", 3"...9" sur la base du grand tableau à gauche et à partir du pied de la fuyante I ; nous joignons les points 1", 2"... au point de distance réduit δ et, par recoupements avec la fuyante fI, nous obtenons les points de profondeurs 1, 2...8,9 sur f1.

2° Nous opérons de même pour la fuyante c ; en remarquant que la même bande de papier peut servir à la condition de prendre la première profondeur c1 plus petite que la profondeur i1.

3° On joint (tableau) les points 1, 2, 3...9 obtenus sur les deux fuyantes I et C ; et la mise d'ensemble est terminée.

Les détails se font ensuite facilement.

(*e*) *Remarques.*— 1° Si nous avions pris la fuyante A au lieu de la fuyante C, les points de largeurs 1″, 2″... seraient tombés en dehors du cadre.

2° On voit que, grâce à l'amplification du tableau et à l'emploi du point de distance réduit qui lui correspond, toutes les constructions tiennent dans l'intérieur du cadre.

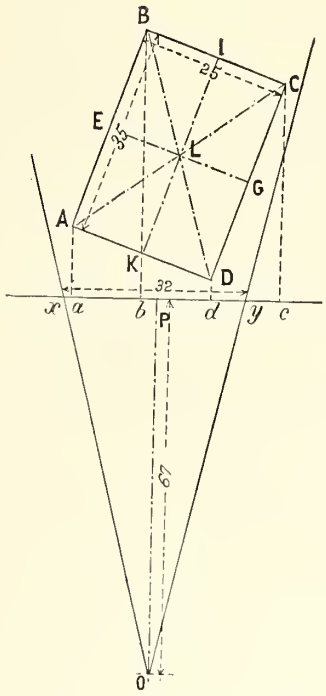
3° Dans la pratique on place une *règle pivotante* (v. n° 154) au point δ et on se garde bien de tracer dans toute leur longueur les lignes qui y aboutissent : on ne prend que leurs recoupements stricts avec les fuyantes qui ont été prises comme échelles de profondeur.

(*f*) *Lavis.* — Mêmes conseils de perspective aérienne que pour l'exercice précédent. On pourra faire la mise en couleurs à trois tons : érable (blanc), chêne (terre de Sienne et sépia), acajou (terre de Sienne brûlée) ; imitation discrète des veines du bois.

174. Vue d'angle d'un carrelage (fig. 237 et 238).

(*a*) *Avertissement.* — Nous donnons cette application pour montrer comment, ainsi qu'il a été dit au n° 135, il convient

Fig. 237

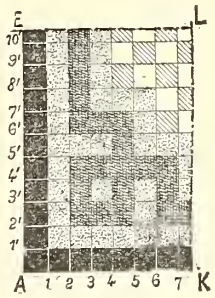


de mettre en place les grands ensembles par les méthodes de perspective générale et de placer ensuite les détails, par les méthodes de perspective directe ; de plus (fig. 238) les détails nous sont donnés à une échelle différente de l'ensemble. C'est là un cas qui se présente presque toujours, en architecture, en décoration théâtrale, etc.

(*b*) *Données géométrales.* — Le carrelage (fig. 237) doit être dessiné dans le rectangle ABCD dont la proportion est 15 sur 21, ou plus simplement 5 sur 7. Dans ce rectangle on place des carreaux au nombre de 15 en largeur et de 21 en longueur et ces carreaux, de différentes couleurs, figurent une grecque.

(*c*) *Données optiques.* — On veut obtenir une vue oblique se rapprochant presque d'une vue d'angle. Une vue est dite *complètement sur l'angle*, lorsque la bissectrice de l'angle au sommet D est perpendiculaire au tableau ; elle fuit au point principal. La bissectrice de l'autre angle est de front et les dominantes AD, DC sont inclinées à 45°. Sur le tableau elles fuient donc aux points vrais de distance principale. Les vues complètement sur l'angle produisent en général un très mauvais effet ; elles manquent de parti.

Fig. 238



Nous avons tatonné avec le chercheur et nous avons choisi *xoy* comme position de l'angle optique-tableau.

(*d*) *Choix de la méthode.* — Il nous serait difficile de prendre ici la méthode des points accidentels, malgré la simplicité de tracés auxquels elle conduirait, car les points de fuite des dominantes AD et même DC tomberaient beaucoup trop en dehors du cadre. Nous nous servirons donc des fuyantes principales A*a*, B*b*... ; nous mettrons en perspective les 4 sommets ABCD (v. épure et v. tableau) ; après quoi (tableau), 1° nous diviserons *perspectivement* AD et BC en 15 parties égales et nous joindrons les points ; 2° nous diviserons perspectivement AB et CD en 21 parties et nous joindrons, et 3° dans le quadrillage, ainsi mis en perspective, nous pourrons, par les teintes voulues, faire apparaître le dessin dont le quart est donné fig. 238.

(*e*) *Exécution de l'ensemble.* — 1° (Petit tableau). Le petit tableau est *hh'xy*, égal en largeur à celui de l'épure. La hauteur d'horizon a été, arbitrairement, prise égale à 24 m/m. — La distance (épure) est de 67 m/m ; elle a été (tableau) reportée sur la ligne d'horizon en *p*D, ce qui donne le point de distance vraie du petit tableau.

2° (Grand tableau). On a mené les *glissières px* et *py* et on les a coupées en XY à la largeur que l'on veut donner au grand tableau. Ici le petit tableau se trouve amplifié 7 fois ; mais l'amplification aurait pu être tout à fait quel-

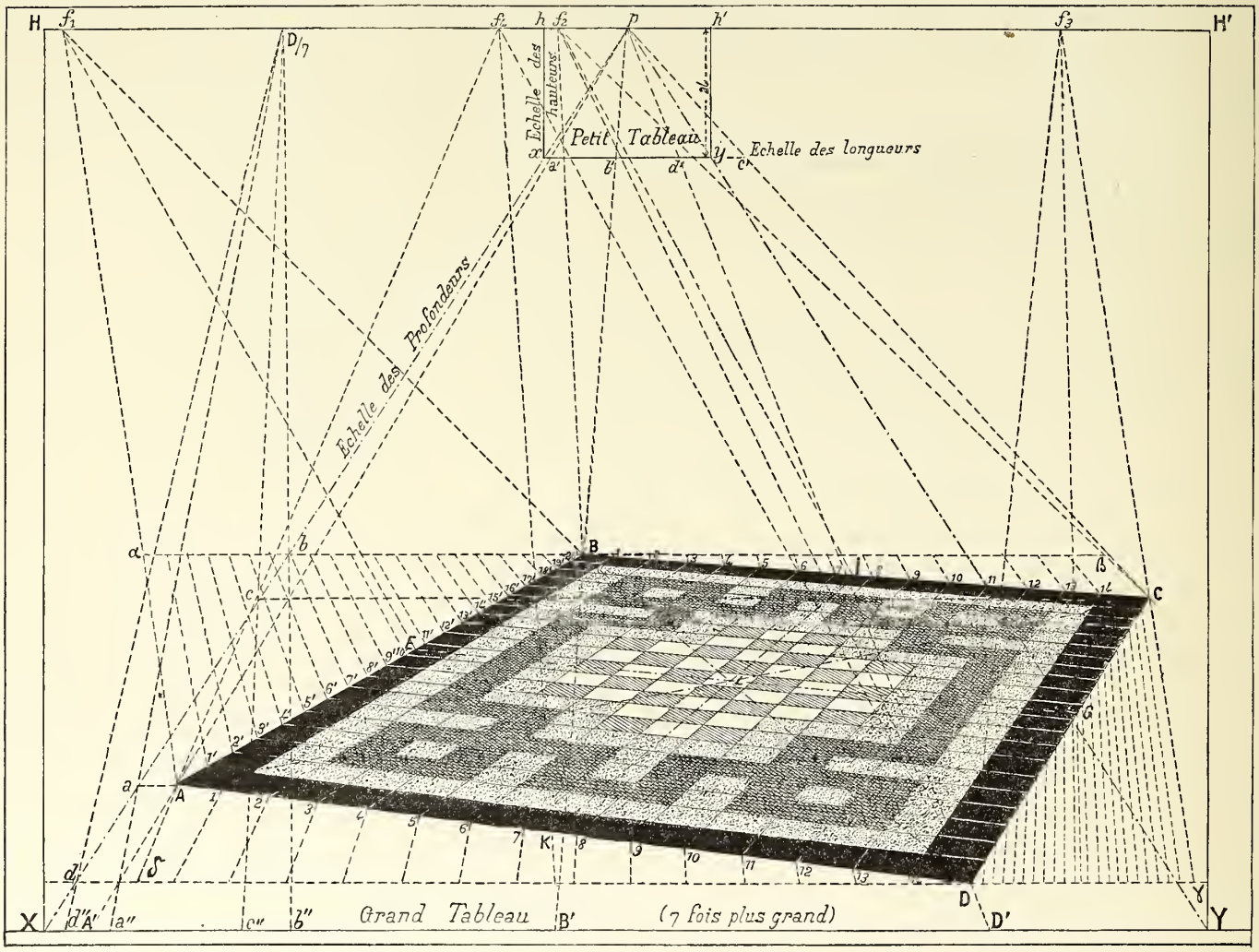
conque, fractionnaire et même incommensurable. Le point D de tout à l'heure est donc, maintenant, un point de distance réduite (ici D/7).

3° (Mise en largeur). On prend sur une bande de papier (épure) les largeurs *xabdyc* et (petit tableau) on les reporte en *xa'b'd'y'c'*. On mène les fuyantes *pa'* — *pb'*... ; et la mise en largeur est terminée.

4° (Mise en profondeur). La glissière *p*X est prise pour échelle des profondeurs ; on porte sur la base du grand tableau les largeurs X*d''* — *a''* — *c''* — *b''* égales aux profondeurs (épure) *d*D — *a*A — *c*C — *b*B ; on joint au point D/7 ; on obtient sur l'échelle des profondeurs les points *d*,*acb* ; par ces points on mène des frontales et leurs rencontres avec les fuyantes précédentes donnent en DACB la perspective du rectangle d'ensemble.

(*f*) *Détails.* — 1° On divise perspectivement AB en 21 parties égales. A ce teffet sur une frontale menée par B, on porte 21 parties égales, de grandeur quelconque, d'ailleurs, ce qui donne un point α ; on joint αA et on prolonge jusqu'à l'infini perspectif, c'est-à-dire jusqu'à la ligne d'horizon en f_1. On joint f_1 aux points de division de la frontale ; on prolonge les fuyantes ainsi menées jusqu'à la ligne AB et on a ainsi en 1', 2'..... 20' les points demandés.

Fig. 239



2° On opère de même pour DC, à l'aide de la frontale Dγ et du point de fuite f_3.

3° On divise DA en 15 parties égales (frontale Dδ et point de fuite f_4).

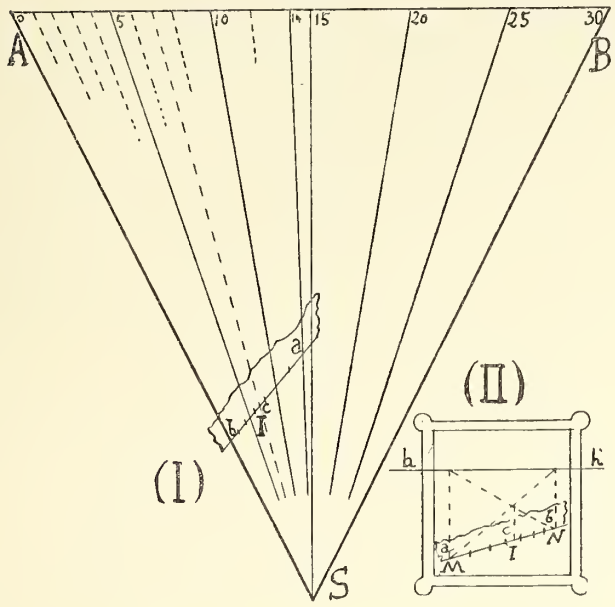
3° On divise BC en 15 parties égales (frontale Bβ et point de fuite f_2).

4° On joint les points correspondants et on achève facilement les détails.

175. **Emploi des échelles divergentes** (fig. 240). — Sur l'épure précédente, afin d'être bien compris du lecteur, nous avons mené toutes les fuyantes auxiliaires f_1, f_2, f_3, f_4 qui ont servi à faire la division perspective. Il est bien évident que dans la pratique on placerait des règles pivotantes aux points f_1, f_2... et que l'on se contenterait de prendre les re-

coupements sans tracer les lignes. Néanmoins ces tracés sont longs et ils encombrent inutilement l'épure. On les simplifiera en employant des échelles divergentes, construites une

Fig. 240



fois pour toutes et conservées ensuite comme matériel de dessin.

(*a*) *Construction de l'échelle* (fig. 240). — Sur une droite AB, on tracera, avec le décimètre, des divisions égales, en nombre quelconque, 30 par exemple ; on joindra les points de division à un sommet S, suffisamment éloigné (sur le croquis ci-joint il est trop rapproché), et l'échelle sera construite.

(*b*) *Usage.* — Soit (fig. II) à diviser perspectivement la ligne MN en 7 parties égales. 1° Je cherche en I son milieu perspectif, par la construit indiquée sur le croquis et qu'il sera facile au lecteur de justifier. — 2° Sur une bande de papier je relève les trois points, dits *de repère*, AIB ; savoir : A et B, repères d'extrémité et I repère de milieu. Cela fait : 3° j'inscris (fig. I) la bande de papier entre les lignes 0 et 7, ou plutôt (à cause de la place qui manquerait et du nombre 7 qui est impair) entre les lignes 0 et 14 ($14 = 2 \times 7$) ; je l'inscris de telle sorte que les repères d'extrémité *a* et *b* de la bande étant sur les divergentes 14 et 0, le milieu perspectif *i* de la bande soit sur la divergente 7, laquelle répond au milieu de 14 ; et je marque sur la bande les points de rencontre avec les 7 divergentes 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14. — 4° je reporte sur MN les 7 divisions ainsi obtenues.

Nota. — Nous ne donnerons pas la démonstratien de ce tracé ; elle se fait par la théorie des rapports anharmoniques.

Nous généraliserons plus loin l'emploi des échelles divergentes (perspective du cercle, perspective des moulures, ombres..).

§ II. — Représentation de figures irrégulières. — Graticolage

176. Principe de la méthode.

Cette méthode sera la généralisation à la perspective de la *mise au carreau*, si souvent employée pour faire des grandissements ou des réductions.

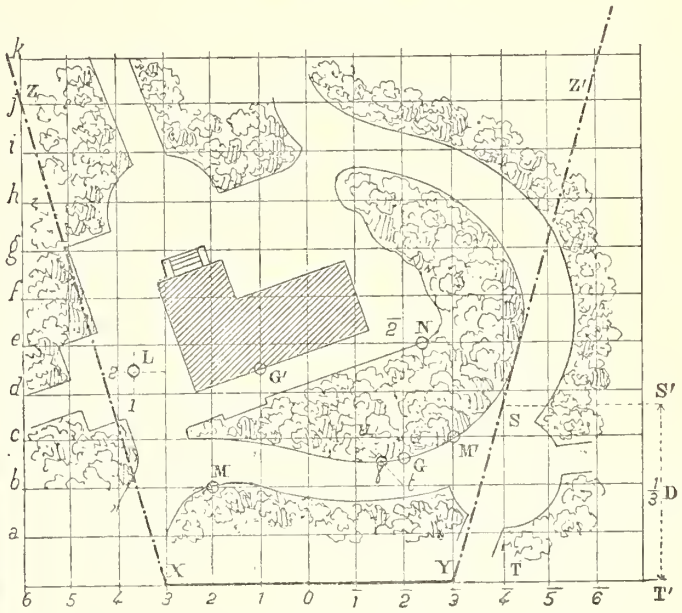
(*a*) *Graticolage du plan.* — Soit (fig. 241) un plan irrégulier à mettre en perspective, XY la position du tableau et XZ, YZ′ les côtés de l'angle optique.

On couvrira le plan par un réseau de lignes de front (lignes *a*, *b*, *c*, *d*.....) et de lignes principales (numérotées 1, 2, 3 à gauche et $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$ à droite) (1). — Ces lignes seront équidistantes et formeront un réseau de carrés égaux entre eux. C'est ce que l'on nomme un *graticolage*. Cette expression dérive d'un mot italien qui veut dire : *gril*.

Nota. — Autant que possible on fera en sorte que les côtés des carrés représentent à l'échelle du dessin une longueur exacte, par exemple, 1 mètre, 2 mètres, etc..... Sur le croquis (fig. 241), ils représentent 5 mètres.

(*b*) *Mise en perspectixe du réseau* (fig. 242). — On a comme à l'ordinaire en xy — hh' le petit tableau ; sur xy on a reporté les longueurs 1, 2, 3... $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$... prises sur l'épure et les fuyantes principales sont mises en perspective.

Fig. 241 (EPURE



Le grand tableau est XY ; il est une amplification tout à

(1) Les chiffres $\overline{1}$, $\overline{2}$, $\overline{3}$ se lisent moins 1, moins 2, moins 3.

fait quelconque du petit tableau. — Pour mettre en profondeur les lignes de front *a, b, c*..... il faudrait connaître soit le point de distance, soit le point de demi ou tiers de distance du grand tableau. Mais remarquons d'abord que la feuille d'épure (fig. 241) est trop petite pour avoir la position du point de vue et par conséquent pour en déduire la distance.

Nous lèverons la difficulté en prenant sur l'épure (fig. 241), de Y en T, le tiers de la demi-largeur du tableau ; la ligne principale TS nous donne donc en TS le tiers de la distance. Portons cette distance TS, de P en 1/3 *d* sur le tableau (fig. 242), nous aurons en 1/3 *d* le point tiers de distance du petit tableau *hh'xy*. — Ainsi, une ligne telle que 1 *d*/3 du petit tableau fuirait à ce point tiers de distance. Mais le grand tableau étant une amplification du petit tableau, si, par le point 1' (grand tableau), homologue du point 1 (petit tableau), nous menons une vraie parallèle 1'δ à 1 *d*/3, cette ligne 1'δ fuira au point tiers de distance (inaccessible d'ailleurs) du grand tableau.

Cela fait : 1'δ est une ligne de résection 1/3 ; donc elle recoupe les fuyantes 2', 3', 4' en des points qui appartiennent, *de trois en trois*, aux lignes de front, c'est-à-dire aux lignes *c, f, i*..... Pour les distinguer, nous les avons marquées en traits pleins sur le tableau.

Pour avoir les lignes intermédiaires *ab* — *de*..... 1° nous menons des diagonales telles que 1'V — V'V' — V''V'' ; 2° nous divisons O'1' en trois parties égales aux points α, β ; 3° nous menons les fuyantes principales αP — βP, et 4° par les points de recoupement avec les diagonales, nous traçons les lignes de front intermédiaires.

Fig. 242

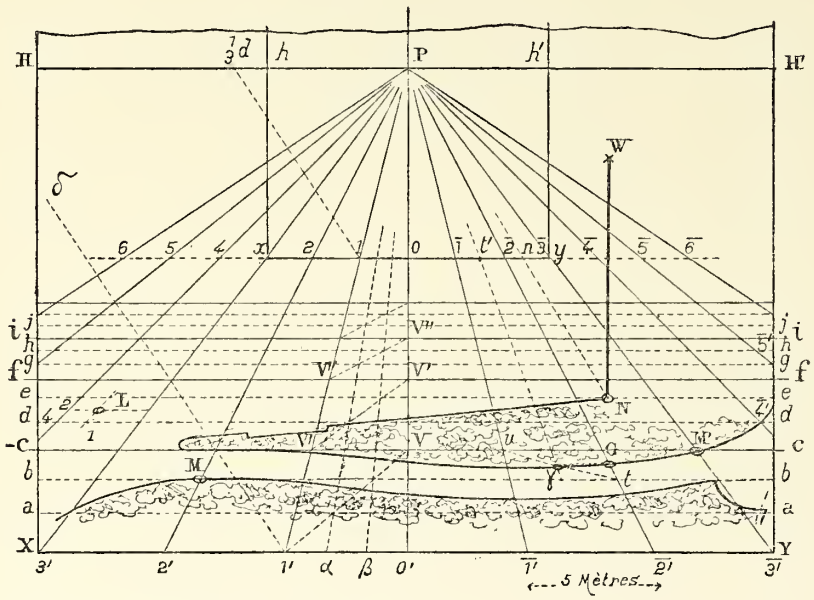
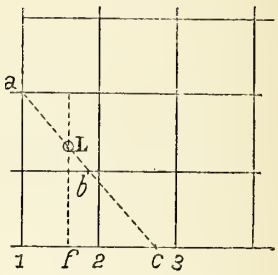


Fig. 243



Le réseau est ainsi mis en perspective. — En menant, dans toute leur longueur, les diagonales on aurait de nombreux points de vérification.

(*c*) *Mise en perspective du plan.* — On placera tout d'abord en perspective les points les plus importants des lignes courbes ou des lignes droites du plan ; le reste des lignes se tracera ensuite au sentiment. Considérons quatre catégories de points :

1° Point tel que M (épure) placé au croisement de deux lignes du réseau. M sera le point $\widetilde{b2}$, c'est-à-dire placé au croisement de la ligne *b* et de la ligne 2. On le place immédiatement en M sur le tableau au croisement des lignes *b* et 2 de la perspective.

2° Point tel que N (de l'épure), placé sur la ligne de front *e*, entre les fuyantes $\overline{2}$ et $\overline{3}$. — On le placera de même en N sur le tableau, soit en évaluant sur le côté de front du petit carré le rapport de division à vue d'œil, soit en portant sur l'échelle des largeurs *xy*, un segment $\overline{2}n$ égal au segment correspondant de l'épure et menant la fuyante P*n*N.

3° Point tel que G (épure), placé sur une fuyante ($\overline{2}$ par exemple entre les lignes de front *b* et *c*). — On mène (tableau) la diagonale *tu* du petit carré ; on porte le segment *t*G pris sur l'épure de 2 en *t'* sur la base *xy* du petit tableau qui est l'échelle des largeurs. On mène la fuyante *pt'*γ, jusqu'en γ sur la diagonale *tu* du petit carré et on trace la ligne de front γG.

(*d*) Point quelconque tel que L. — On combine la mise en largeur et la mise en profondeur dans un carré en opérant comme nous venons de l'indiquer § *b* et § *c*.

Il serait plus commode encore, pour un point tel que L (fig. 243), qui n'est pas situé sur une ligne de front, de le joindre au sommet d'un carré quelconque tel que *a*, et de

prendre en *b* ou en *c* l'intersection de cette droite avec une ligne de front.

Le point *a* se mettra immédiatement en perspective ; le point *c* se placera en appréciant le rapport dans lequel il divise le côté de front 2 3. — Ce rapport se conserve en perspective. Il suffira, le plus souvent, de faire cette appréciation à vue. Par le point L sur l'épure, on mènera une autre ligne, par exemple une ligne principale L*f* : on la mettra de même en perspective et le point L sera au croisement des deux lignes auxiliaires *a*L et L*f*.

(*e*) *Mise en hauteur d'un point* W. — Supposons que l'on veuille mettre en hauteur le point W situé à plomb du point N, sachant que W est à 15 mètres de hauteur au-dessus de N. — Sur la ligne de front *l*, sur laquelle se trouve le point N, on sait qu'une des divisions représente 5 mètres ; on prendra donc la verticale NW égale à 15 mètres, c'est-à-dire à 3 divisions.

Nota. — Sur le tableau (fig. 242), le plan n'est pas complètement mis en perspective. Il sera facile d'achever.

177. Généralisation de la mise au carreau.

Cette méthode, bien appliquée, est très exacte et surtout très rapide ; *Viollet-Leduc* l'employait presque exclusivement pour la mise en place perspective des admirables dessins dont il a, avec tant de prodigalité et de talent, enrichi ses ouvrages.

Un desinateur qui voudrait se spécialiser dans la mise en perspective pourrait s'organiser de la manière suivante :

D'une part, il aurait une série de papiers *transparents* sur lesquels auraient été tracés des réseaux analogues à celui de la figure 241. Ces feuilles différeraient les unes des autres par les dimensions des côtés des carrés.

Ayant un plan à mettre en perspective, on placerait un de ces réseaux transparents sur le plan en le fixant sur la planche par un moyen quelconque. De cette façon, on n'aurait pas à tracer le réseau sur l'épure, laquelle resterait intacte et sans aucune ligne de construction.

D'autre part, sur des feuilles blanches, *non transparentes* cette fois, on aurait à l'avance exécuté des perspectives de ces réseaux, analogues à la figure 242, avant qu'on n'y ait rien dessiné. On obtiendra ainsi ce que l'on pourrait nommer des *réseaux perspectifs*. Ces réseaux perspectifs différeraient les uns des autres par l'écartement des lignes et par la hauteur d'horizon.

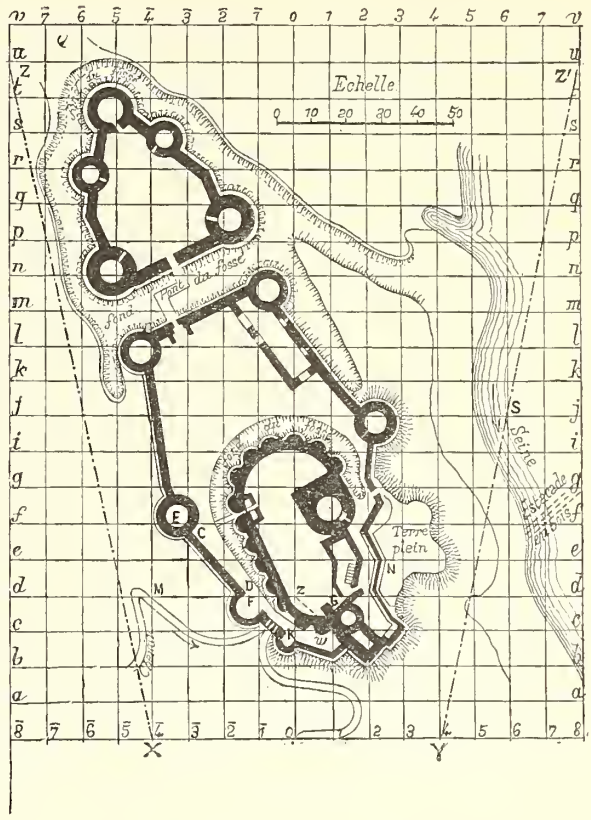
Cela fait : sur le réseau perspectif que l'on aurait choisi, on fixerait une feuille de *papier transparent*, ayant les dimensions que l'on veut donner au tableau et c'est sur elle que, sans avoir à retracer le réseau perspectif, puisqu'il apparaîtrait au travers, on exécuterait directement la perspective du géométral donné.

De cette façon, grâce à cette double collection de quadrillages géométraux et de quadrillages perspectifs correspondants, les premiers sur calque et les seconds sur feuilles ordinaires, il serait possible d'exécuter les perspectives les plus compliquées sans faire, pour ainsi dire, aucune construction graphique auxiliaire.

178. Application. — Plan du château Gaillard.

Le sujet choisi pour être mis en perspective (fig. 244 et 245), est emprunté au Dictionnaire de l'Architecture française de Viollet-Leduc. C'est le plan du château Gaillard, construit sur les bords de la Seine, près des *Andelys*, par Richard Cœur-de-Lion pour barrer la route de Rouen à Philippe-Auguste. Mais sous Jean-sans-Terre, successeur de Richard, cette forteresse ne put résister à un siège entrepris par le roi de France. De même, à la fin de la Guerre de Cent-Ans, la prise du Château Gaillard par Charles VII amena l'évacuation définitive de la Normandie par les Anglais.

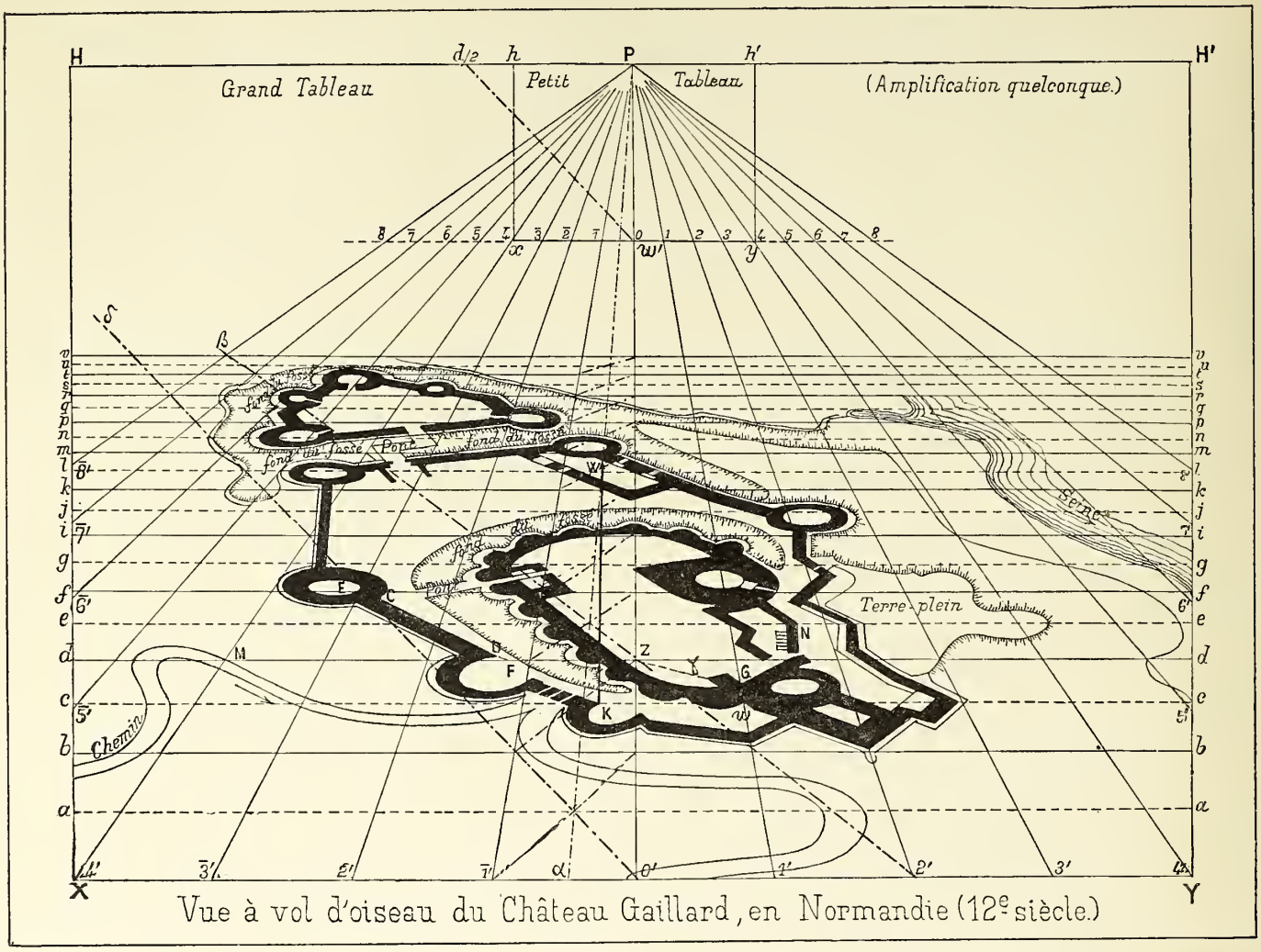
Fig. 244



Nous pensons qu'il est inutile, après ce qui a été dit aux numéros précédents, de donner des explications sur les deux planches que nous avons empruntées au *Dessin technique* de MM. Bécourt et Pillet. On remarquera seulement ce qui suit pour la mise en place du carreau perspectif : 1° (Epure) γ6 est la moitié de OY, par conséquent S6 est la moitié de la distance du petit tableau ; 2° on a porté (petit tableau) cette longueur de P en *d*/2. Donc, *od*/2 est une ligne de resection 1/2 ; 3° (grand tableau) on a mené *o'ô* géométrique-

ment parallèle à $od/2$, ce qui donne aussi une fuyante | de resection 1/2 pour le grand tableau ; 4° les recou-

Fig. 245



Vue à vol d'oiseau du Château Gaillard, en Normandie (12e siècle.)

pements avec les fuyantes 1', 2', 3' ... donnent donc des frontales de deux en deux, b, d, f ..., et non plus de | trois en trois comme dans l'exemple précédent. On continuera comme il a été dit plus haut.

CHAPITRE V

PERSPECTIVE DIRECTE EXIGEANT LES POINTS PRINCIPAUX

§ I. — Carrés et cercles de front

179. Avertissement. — Les problèmes de perspective directe, traités au chapitre III, n'exigeaient pas la connaissance des points principaux de fuite et de distance; leur solution était donc indépendante de certaines données optiques, et, par conséquent, dans une certaine mesure, de la position du spectateur. Or, on remarquera que ces problèmes avaient pour objet de diviser en parties qui devaient être égales entre elles ou proportionnelles à des longueurs données, soit une même ligne droite, soit des droites du géométral, perspectivement parallèles entre elles. Nous pouvons donc, dès maintenant, conclure de cette étude que si un spectateur se déplace devant un tableau, soit en reculant, soit en avançant, soit en se portant à gauche, soit en allant à droite du point de vue, pourvu *que son œil reste toujours dans le plan d'horizon*, les rapports de division d'une même ligne droite, ou de droites perspectivement parallèles entre elles, ne *semblent pas changer pour lui.*

Au contraire, dès qu'il est question d'angles, c'est-à-dire, en dernière analyse, quand il faut soit apprécier soit réaliser des rapports de lignes droites qui ne sont pas perspectivement parallèles entre elles, nous allons voir qu'il est nécessaire de connaître la position exacte du spectateur, c'est-à-dire les points principaux de fuite et de distance.

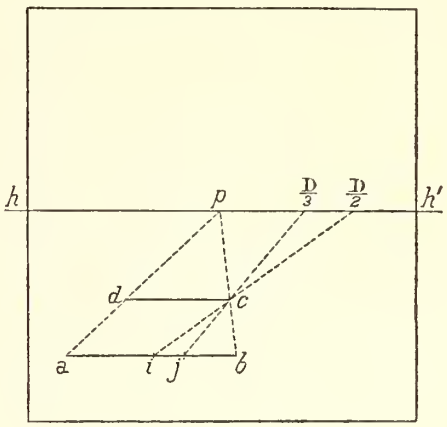
180. Construire un carré sur une droite de front comme côté. — Soit ab le côté de front et soit p le point principal et D/2 le point de demi-distance (fig. 246). Menons les fuyantes principales ap-bp. Ces droites seront les côtés du carré. Prenons le milieu i de ab, et joignons-le au point D/2 ; nous aurons en C le troisième sommet du carré.

Nous savons, en effet, que cette droite fuyant au point de demi-distance intercepte sur la ligne de front ab, un segment ib qui est la moitié du segment bc intercepté sur la fuyante principale. On a donc dans l'espace : $bc = 2$ fois id, et, par suite, $bc = ab$.

Menons ensuite la ligne de front cd et nous aurons en $abcd$ la perspective d'un carré.

Remarque. — Si l'on avait à sa disposition le point 1/3 D (tiers de distance), on l'aurait joint au point j situé au tiers de ab. On généralisera pour tous les cas de distance réduite.

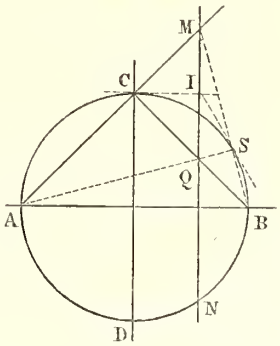
Fig. 246



181. Sur une droite de front, comme diamètre, construire un cercle : (*a*) *Méthode, dite par recoupements.*

Cette méthode est fondée sur les remarques suivantes :

Fig. 247



Soit AB, CD (fig. 247), deux diamètres à angle droit d'un cercle.

Menons une perpendiculaire quelconque MN sur le diamètre AB. Menons les lignes à 45° AC et BC. Prenons les

intersections M et Q avec la ligne MN. Joignons AQ et BM ; ces deux droites se rencontrent en un point S, qui appartient au cercle. On le démontrera en considérant les trois droites MQ — AQ — BQ comme les trois hauteurs d'un même triangle AMB, qui, on le sait, se rencontrent en un même point, ce qui prouve que l'angle ASB est droit.

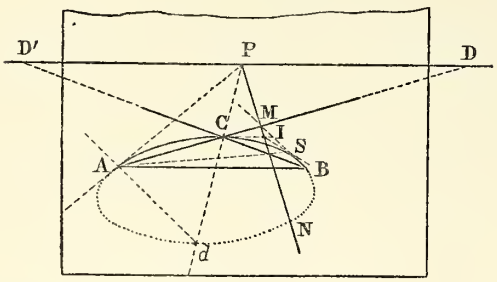
De plus, si l'on mène l'horizontale CI et si l'on joint IS, cette dernière droite est tangente au cercle.

On le démontre en prouvant que CI = IS et comme CI est une tangente, IS le sera aussi comme étant égale à CI.

En effet : CI = IM = IQ, puisque les lignes CM et CQ sont inclinées à 45° ; donc I est le milieu de MQ ; de plus, l'angle MSQ est droit, nous venons de le démontrer ; donc IS = IQ = IC. C. Q. F. D.

On voit immédiatement l'application de ce qui précède à la mise en perspective d'un cercle (fig. 248).

Fig. 248

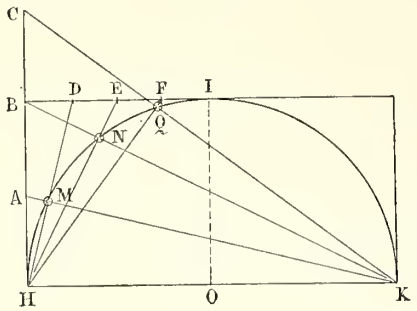


Si l'on met en perspective la figure 247, les lignes à 45°, AC, BD, fuiront aux deux points de distance D et D'. — Les lignes parallèles à AB resteront de front.

Les lignes perpendiculaires à AB fuiront au point principal P, etc...

L'épure perspective (fig. 248) est la traduction évidente de la figure géométrale (fig. 247).

Fig. 249



(*b*) *Méthode, dite par les angles droits inscrits.*

Soit HKI (fig. 249), un carré circonscrit au cercle. Divisons le demi-côté BI en un certain nombre de parties égales, en quatre, par exemple, aux points F, E, D. Doublons les longueurs de ces divisions et portons-les sur l'autre côté de H en A, B et C.

Enfin, joignons les premiers points de division D, E, F, à l'extrémité H de gauche du diamètre et les seconds points A, B, C, à l'autre extrémité K.

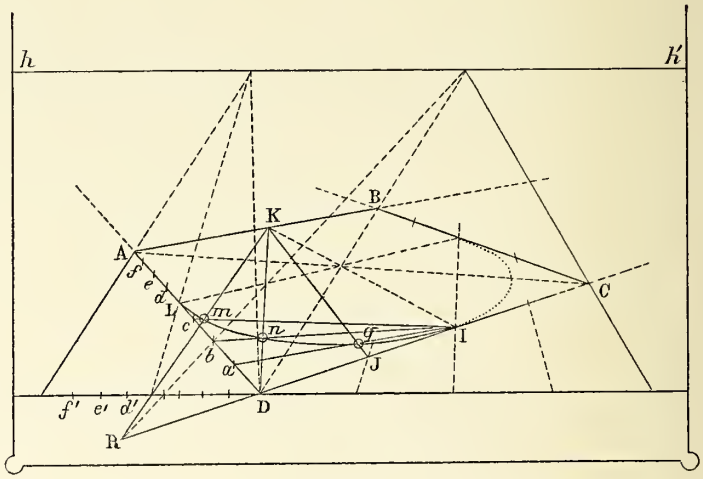
Ces droites se recoupent en des points M, N, Q..., qui sont des points de la circonférence.

En effet : le petit triangle tel que BDH est semblable au grand triangle tel que AHK, comme ayant un angle égal (angle droit), compris entre deux côtés proportionnels. Le rapport de similitude est 1/2.

Donc, l'angle aigu BHD du petit triangle est égal à l'angle aigu AKH du grand. Et comme chacun d'eux doit avoir pour mesure la moitié de l'arc intercepté entre leurs côtés, il faut que les côtés HD et KA passent par un même point M de la circonférence. C. Q. F. D.

Perspectivement, cette construction ramène le tracé perspectif du cercle à une division de droites en parties égales.

Fig. 250



Supposons, en effet (fig. 250), que ABCD soit la perspective, supposée exacte, d'un carré circonscrit à un cercle.

On inscrira, dans ce quadrilatère, l'ellipse perspective du cercle, en procédant comme suit :

1° On divise perspectivement tous les côtés en un même nombre de parties égales (en huit, c'est ce qui est préférable). Soit *abcd*....., les points de division sur un côté, et soit I, J, D, R..... les points de division sur l'autre. Ces derniers ne seront à prendre que de deux en deux, et on prolongera la division, au-delà, jusqu'en R.

Remarquons que le tracé a donné en I et K et L les milieux des côtés.

2° On joint le point milieu I aux points de division *abc*... et le point milieu K aux points de division *de deux en deux*, de l'autre côté, c'est-à-dire aux points JDR.

Les recoupements de ces lignes donnent en *mnq*, des points de la circonférence perspective.

Nota. — Quand l'un des côtés du carré sera de front, il est évident que la construction se simplifiera.

Remarque. — Malgré leur simplicité apparente, ces deux méthodes ne donnent pas facilement les points les plus importants du cercle. Elles ont en outre l'inconvénient d'exiger de nombreuses lignes de construction.

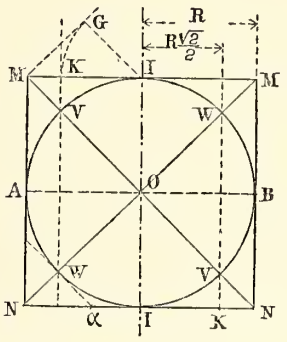
Les deux méthodes suivantes sont préférables.

182. Perspective du cercle : méthode dite des huit points.

(*a*) *Recherche des huit points.* — Cette méthode est applicable lorsque, le cercle étant assez petit, il suffira, pour le déterminer, d'en posséder huit points bien choisis, ainsi que nous l'avons fait pour les ombres.

On remarquera que sur le cercle en vraie grandeur (fig. 251) les meilleurs points à déterminer sont : 1° les

Fig. 251



points milieux ABII et 2° les points de diagonale VV, WW (voir 1re partie, *ombres du cercle*). Cela posé :

Sur le tableau (fig. 252) on se donne le diamètre de front par sa perspective AB.

Soit P le point principal et D/3 le point *tiers de distance.*

1° Je prends en S le tiers du rayon OB ; je joins SD/3 et, par prolongement et recoupement, j'obtiens en I l'extrémité du rayon OI ;

2° Une construction analogue me donne le point I'. J'ai donc en MM, NN la perspective du carré circonscrit ;

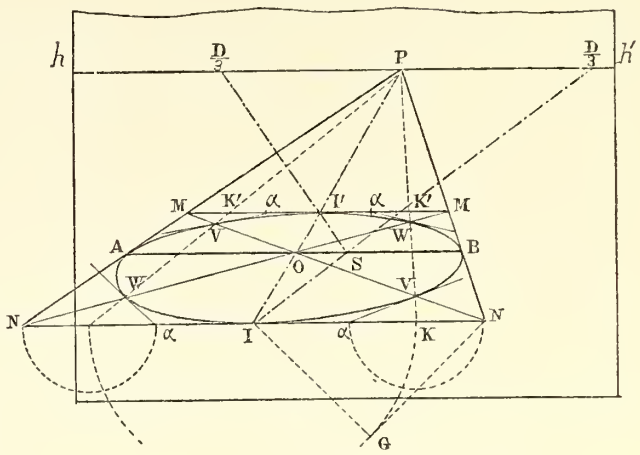
3° Je mène les diagonales et je les partage, *perspectivement*, dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$, ce qui me donne les points de diagonale.

Ce partage se fera en partageant, *rigoureusement*, au point K, le demi-côté de front IN, ou le demi-rayon OB dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$ (sensiblement 0,7) et menant la fuyante principale KWWK'.

Nous avons donné, à l'occasion de l'ombre du cercle, une construction simple pour faire ce partage. La figure 232 la reproduit en IGK.

(*b*) *Tangentes aux points de diagonale* WWVV. — Sur le cercle géométral (fig. 251) on voit que cette tangente Wα, détache sur le côté du carré un segment Kα = KN. — On prendra donc sur le tableau (fig. 252) Kα = KN et on aura en αV la tangente. On fera la même construction pour les autres points de diagonale.

Fig. 252



(*c*) *Nota.* — Ce tracé est applicable au dessin à vue d'une circonférence. (V. chap. perspective d'observation.)

183. Perspective du cercle : Méthode dite des échelles circulaires.

Cette méthode est applicable surtout lorsqu'il faut déterminer rigoureusement, sur le cercle, des points équidistants, en nombre donné.

On commencera par construire, comme ci-dessus, le carré perspectif circonscrit au cercle. Soit *mnpq* (tableau fig. 254) ce carré en perspective. — Cela fait : exécutons sur une feuille à part, et une fois pour toutes (fig. 253), comme suit, une échelle circulaire divergente.

(*a*) *Construction de l'échelle.* — 1° O est un cercle ou, ce qui suffit, un demi-cercle quelconque. On l'a divisé en autant de parties égales qu'il en est demandé, 24 par exemple. — (Cette division par 24 est utile pour les cannelures des colonnes, en architecture ; n'ayant pris que la moitié du cercle, nous ne l'avons divisé qu'en 12 parties égales). Prenons au-dessus du diamètre un point S quelconque que nous nommerons le *sommet de l'échelle.*

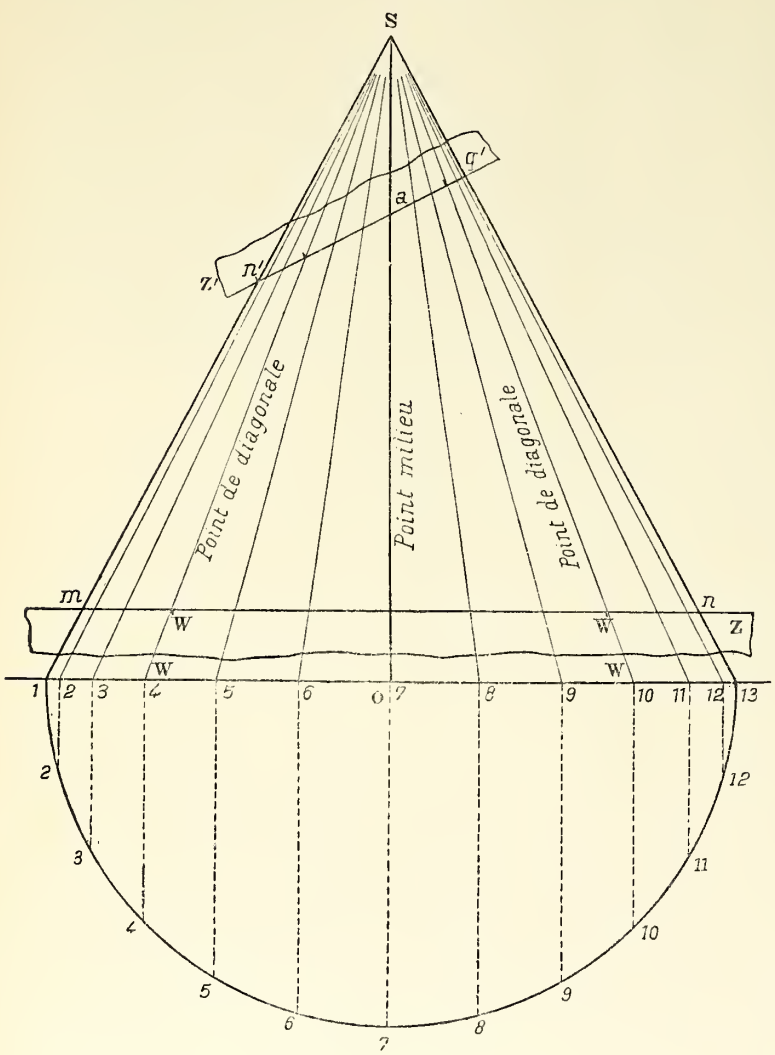
2° On a projeté les points de division 1 2 3..... sur le diamètre, en 1 2 3 4 .... et par ces points on a mené des droites S1, S2, S3..... convergeant au point S. Ces lignes constituent ce que nous nommerons une *échelle circulaire*, que l'on garde pour s'en servir par la suite, dans de très nombreuses occasions, comme on le verra plus tard.

Il est évident que si, sur les côtés d'un carré, nous portons des divisions proportionnelles à celles de notre échelle comptées sur des parallèles à sa base, et si nous menons par les points de division des parallèles aux côtés du carré, nous aurons, par recoupements, des points du cercle inscrit.

(*b*) *Perspective.* — Nous appliquerons cette construction en perspective de la manière suivante :

1° Dans le carré perspectif (fig. 254), nous tracerons, à peu près et fort légèrement au crayon, l'ellipse inscrite,

Fig. 253

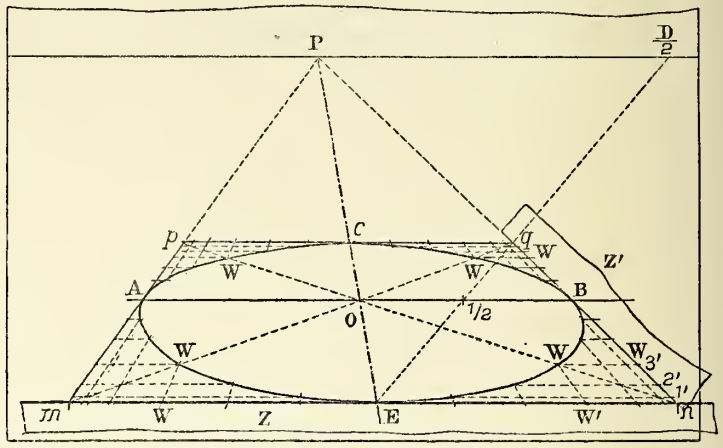


dans le seul but de savoir approximativement où sont les points exacts, et pour ne pas garder un réseau trop chargé de lignes inutiles.

2° Sur le côté de front *mn*, nous reporterons les divisions de l'échelle en *m*, W, E..... A cet effet nous aurons relevé sur une *première bande* de papier Z, les 3 points *m* (extrémité), *n* (extrémité) et E (milieu) et inscrivant (fig. 253) la bande de papier en *m*W, W*n*, sur l'échelle, nous pointerons les points de rencontre et nous les reporterons sur *mn* du tableau.

3° Sur un côté fuyant *nq*, nous ferons une division proportionnelle à la précédente, soit en nous servant des points déjà obtenus sur *mn* et les reliant, par l'intermédiaire d'un point de fuite auxiliaire, aux points à obtenir, soit en opérant comme à un problème précédent (partager une droite dans un rapport donné).

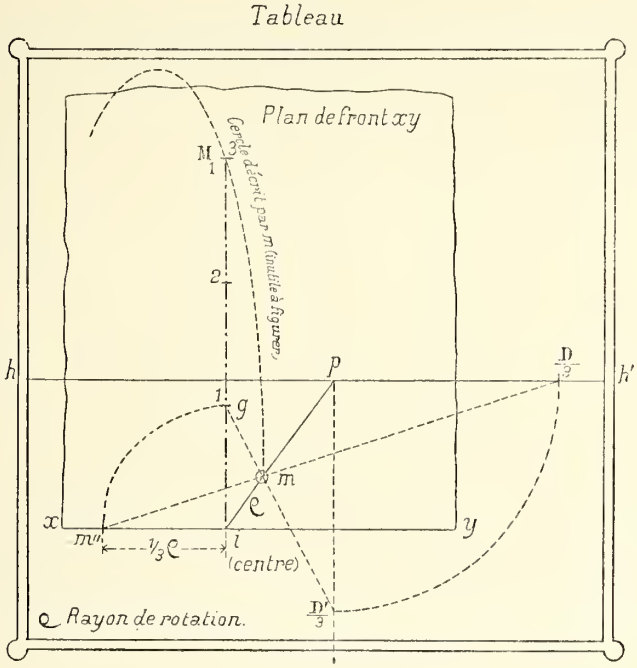
Fig. 254


P
D/2
C
p
q
W
Z'
A
B
O
1/2
W
W
W

front. Ce mouvement est analogue à celui d'un dessus de table à jeu qui tournerait autour de sa charnière et qui, de la position horizontale, passerait à la position verticale.

Dans cette position, nous le répétons, la portion du géométral qui est relevée se perspective semblable à elle-même, ce qui permet de résoudre sur elle tous les problèmes d'angles ou de rapports. — En rabattant ensuite autour de la même charnière, on remet les figures en place.

Fig. 255



(*b*) *Epure.* — Soit, par exemple, le point m (fig. 255) à relever autour de la ligne de front xy comme charnière.

1° J'abaisse du point m, dans le géométral, une perpendiculaire sur xy : sa perspective est la fuyante principale pmi ;

2° Je joins m au point tiers de distance (supposé donné) et je prolonge jusqu'en m'' sur la charnière xy ;

3° $m''i$ donne, à *l'échelle du plan de front* qui aurait xy pour trace géométrale, le tiers de la longueur im ;

4° Je relève la perpendiculaire im ; elle devient la verticale iM_1, que je prends égale à trois fois im'', et j'ai en M_1 le relèvement demandé.

(*c*) *Rabattement.*— L'opération inverse constitue le *rabattement d'un plan de front sur le géométral.* Elle se fera en exécutant les constructions précédentes dans l'ordre inverse.

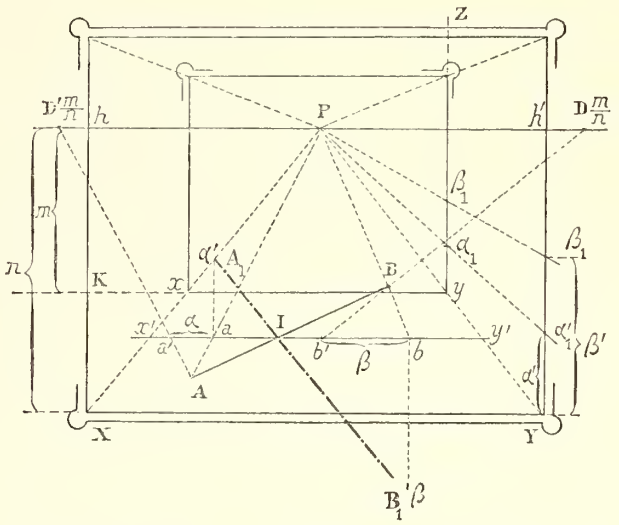
(*d*) *Points de distance terrestres ou aériens.* — Prenons sur la verticale du point p, une longueur $pD'/3 = pD/3$. Nous nommerons $D'/3$ le point *terrestre* de tiers de distance, et il est évident, sur la figure, que si l'on joint $D'/3$ à m, cette droite recoupe en g la verticale iM_1 au tiers de sa hauteur : on a $im'' = \overline{ig}$.

Le point $D'/3$ sera le point de fuite des droites de resection 1/3 dans des murs perpendiculaires au tableau ; c'est-à-dire des droites qui détacheront sur des verticales, telles que iM_1, des segments qui seront le tiers de ceux détachés sur des lignes de front telles que ip. L'emploi de ce point *terrestre* $D'/3$ permettra souvent de simplifier les constructions. On pourrait se servir d'un point de distance *aérien* qui, sur la même verticale principale, serait au-dessus de la ligne d'horizon au lieu d'être au-dessous.

185. Relèvement d'une droite : Le tableau ayant été amplifié dans un rapport quelconque.

On connaissait dans le problème précédent le point $D/3$, ce qui supposait implicitement que le tableau était une amplification, au triple, de l'épure. Nous avons vu que cette amplification pouvait être toute autre et même être incommensurable. Dans ce cas, on a le point Dm/n de distance réduite, le rapport m/n pouvant être très compliqué. L'épure sera cependant facile à exécuter.

Fig. 256



On a en XY (fig. 256) le grand tableau, en xy le petit tableau, et l'on a vu que le rapport d'amplification m/n est égal au rapport $hK : hX$. On se donne aussi (c'est une conséquence de la mise en perspective) en Dm/n le point de distance réduite, correspondant à cette amplification.

Soit AB la perspective d'une droite du géométral, que l'on veut relever avec le géométral en prenant l'horizontale de front $x'y'$ pour charnière.

Relevons le point A ; à cet effet :

1° Menons la perpendiculaire perspective Aa sur la charnière et cherchons sa grandeur à l'échelle du plan de front $x'y'$; pour cela :

2° Joignons A au point $D'm/n$ de gauche ; le segment obtenu aa' est les n/m du segment aA du géométral ; par par conséquent, amplifions le segment aa' ($= \alpha$) dans le

rapport d'amplification m/n du tableau, et nous aurons à l'échelle du plan de front $x'y'$ la grandeur de aA ;

3° Pour faire cette amplification, portons aa' de y en α_1 sur l'échelle des hauteurs yZ, laquelle est contenue dans le petit tableau ; joignons Pα_1 et par prolongement avec le côté Yh' du grand tableau nous aurons en Yα'_1 la grandeur cherchée qu'il suffira de porter de a en α' pour avoir en A_1 le relèvement du point A.

On a relevé de même le point B en B_1. A cet effet :

1° On a mené la fuyante principale PBb ;

2° On a mené BD$m/n$ et pris le recoupement b' de cette droite avec la charnière ;

3° Le segment bb' ainsi obtenu a été porté de y en β_1 sur l'échelle des hauteurs ;

4° On a joint Pβ_1 et par recoupement de cette ligne avec le côté droit Yh' du grand tableau on a obtenu en $y\beta'_1$ la grandeur de bB à l'échelle du plan de front $x'y'$;

5° On a porté Yβ'_1 de b en B_1 sur la verticale du point b et cela a donné en B_1 (au-dessous de $x'y'$) le relèvement de B.

La droite AB est relevée en A_1B_1.

Remarquer le point I, dit *point de charnière* qui, ne bougeant pas dans le mouvement, est commun à AB et à son relèvement A_1B_1.

Nota. — Dans un cas analogue, en prenant pour charnière la trace xy du petit tableau, on simplifiera beaucoup les constructions et, de plus, on pourra déduire très facilement du relèvement les vraies grandeurs (longueurs ou surfaces) des figures relevées, comme l'exemple suivant le fera comprendre.

186. Restitution perspective d'un triangle.

(*a*) *Enoncé.* — Sur un tableau XY amplifié arbitrairement (fig. 257) (m/n est quelconque), mais dans lequel est figuré en xy le petit tableau on a, en perspective sur le géométral, un triangle ABC. On demande, sachant que l'échelle du petit tableau, xy est de 1/20 (c'est-à-dire de $0^m,05$ pour 1 mètre), de déterminer les dimensions absolues des côtés du triangle perspectif ABC, ses angles et sa surface.

(*b*) *Relèvement.* — Je prends pour charnière la base xy du petit tableau, et je relève les trois points A, B et C. Opérons pour A :

1° On mène la fuyante principale PA rencontrant la charnière en a ;

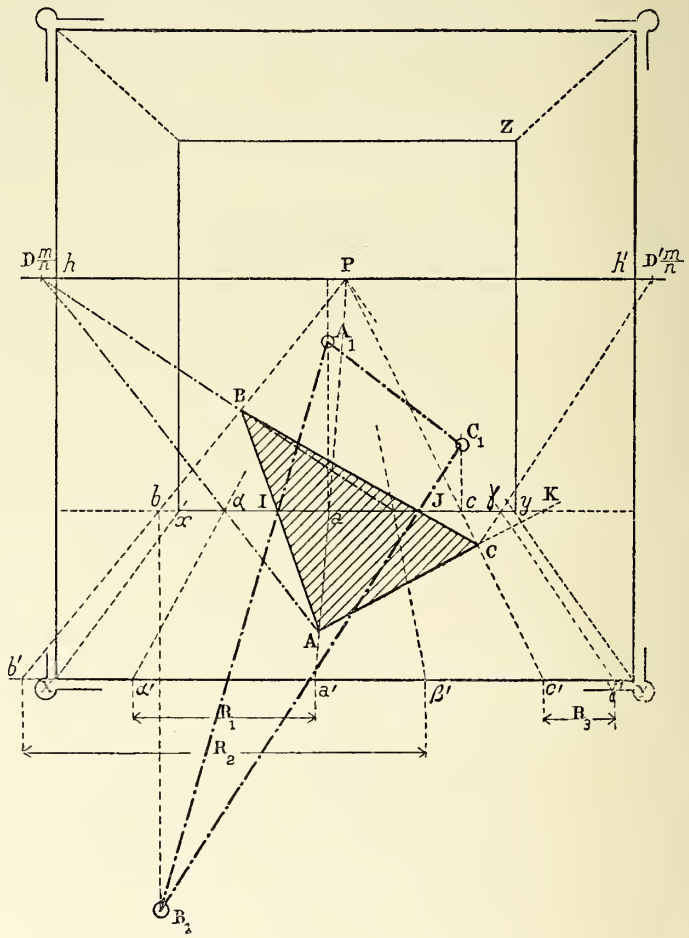
2° On joint A au point D m/n de gauche, ce qui donne le point α sur xy ;

3° On amplifie $a\alpha$ dans le rapport inverse m/n, ce qui se fait en joignant Pa, Pα et prolongeant ces fuyantes jusqu'à la base XY du grand tableau ; on obtient ainsi le segment amplifié $a'\alpha' = R_1$;

4° On prend la verticale aA_1 égale à R_1 et on a en A_1 le relèvement de A.

(*c*) *Nota.* — Les points de charnière I, J et K permettent des vérifications et des simplifications. En en faisant usage, ainsi que le montre la figure 257, on peut éviter d'avoir à construire, comme on vient de le faire, les relèvements directs des sommets B et C.

Fig. 257



(*d*) *Vraies grandeurs.* — Mesurée sur le petit tableau, la ligne A_1B_1 a pour longueur $0^m,08$, et, comme le petit tableau est à l'échelle de 1/20 il en résulte que la vraie grandeur de la ligne AB du géométral est égale à $0^m,08 \times 20 = 1^m,60$.

On mesurera de même les autres côtés B_1C_1 et C_1A_1 sur le petit tableau et on les multipliera par 20.

On calculera la surface et elle sera multipliée par 20^2, c'est-à-dire par 400.

Quant aux angles, ils sont les mêmes sur la figure relevée $A_1B_1C_1$ que dans l'espace ; le rapporteur les donnera donc immédiatement.

187. Détermination perspective de directions connues.

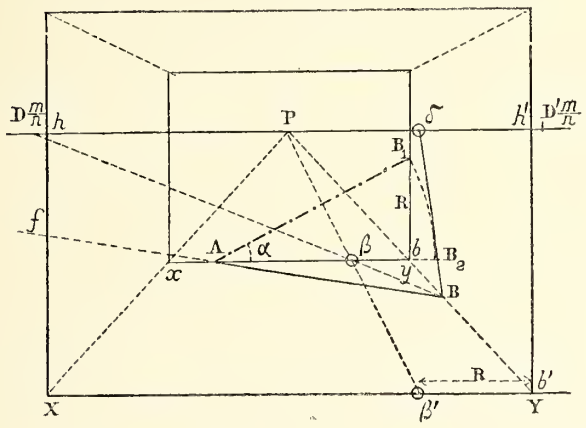
(*a*) *Problème* (fig. 258). — Déterminer le point de fuite et le point de distance (accessibles ou non) d'une direction

horizontale, sachant qu'elle doit faire un angle donné α avec le tableau (α n'est pas égal à 90°).

(*b*) *Solution.* — Il suffira d'établir la perspective d'une droite du géométral parallèle à la direction imposée. En prolongeant ensuite cette perspective jusqu'à la ligne d'horizon on aura le point de fuite demandé ; le plus ordinairement il sera inaccessible, mais la ligne perspective trouvée permettra de placer des épingles pour utiliser le té-brisé (v. n° 161...).

On aura le point de distance en construisant la perspective d'une ligne d'*égale resection* pour la droite précédente. Cette nouvelle droite perspective, prolongée jusqu'à l'horizon, donnera le point de distance cherché.

Fig. 258



(*c*) *Exécution* (fig. 258). — Soit XY le grand tableau ; xy le petit tableau répondant à un rapport d'amplification quelconque m/n (ici $m/n = 1/2$).

Soit P le point principal et Dm/n son point de distance réduite correspondant à la grandeur du petit tableau.

Dans le petit tableau je trace une droite quelconque AB_1 faisant avec xy l'angle donné α, et je la considère comme le *relèvement* d'une droite du géométral.

Je fais l'opération inverse du relèvement, c'est-à-dire un rabattement.

A cet effet : 1° J'abaisse B_1b perpendiculaire sur xy ;

2° Je prends sur XY le segment $b'\beta'$ égal à bB_1 ;

3° Je mène la fuyante principale $\beta'\beta$ et j'ai en $b\beta$ la grandeur bB_1 réduite dans le rapport m/n ;

4° Je joint β au point de distance réduite Dm/n de gauche et j'ai en B le rabattement de B_1. Donc AB est la droite perspective demandée.

(*d*) *Nota.* — 1° Son point de fuite f est inaccessible, mais nous avons néanmoins appris à y mener des fuyantes, surtout avec l'aide du té-brisé.

Pour avoir le point de distance δ de la direction f, je prends sur xy la longueur AB_2 égale à AB et je joins B_2B. Cette ligne est d'égale resection pour la droite AB ; puisque, en vraie grandeur, $AB_1 = AB$, et que $AB_1 = AB_2$, donc $AB_2 = AB$. Par conséquent BB_2 prolongé jusqu'à l'horizon donne en δ le point accidentel de distance.

2° Ce point δ pourrait, lui aussi, être inaccessible, mais il est à remarquer que plus le point f sera inaccessible, moins son point de distance δ le sera, et inversement.

188. **Trouver le point de distance δ d'une direction donnée dont le point de fuite f est accessible ou non.** (Même figure 258.)

Solution : Soit AB une droite perspective définissant la direction donnée :

1° On relève la droite en AB_1 sur le plan de front xy comme ci-dessus ;

2° On prend sur xy une longueur AB_2 égale à AB_1 ;

3° On joint BB_2 et cette droite BB_2 prolongée donne en δ, sur l'horizon, le point de distance cherché.

Cette construction du point δ sera utilisée dans la méthode dite *de la corde de l'arc*.

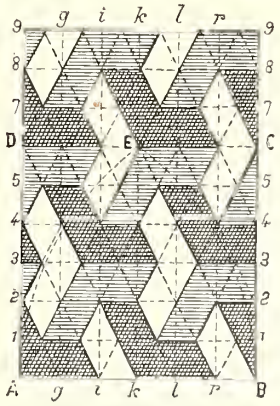
§ I. — Application

Nous ne donnerons qu'une seule application du relèvement du géométral, mais elle présentera, à peu près, toutes les difficultés qui pourraient se présenter.

189. **Perspective directe d'un carrelage.**

(*a*) *Données du problème.* — 1° On donne, d'une part (fig. 259), en ABCD, le dessin géométral d'un carrelage. Son réseau est formé par des triangles équilatéraux ; on voit en AEB, un grand triangle initial ayant pour base AB et qui sert de départ pour le tracé de tous les autres. 2° D'autre part on se donne un grand tableau XYHH' (fig. 260) sur lequel est encore apparent le petit tableau $xyhh'$ qui a servi à le mettre en place ; sur l'horizon, on a le point $D/m/n$,

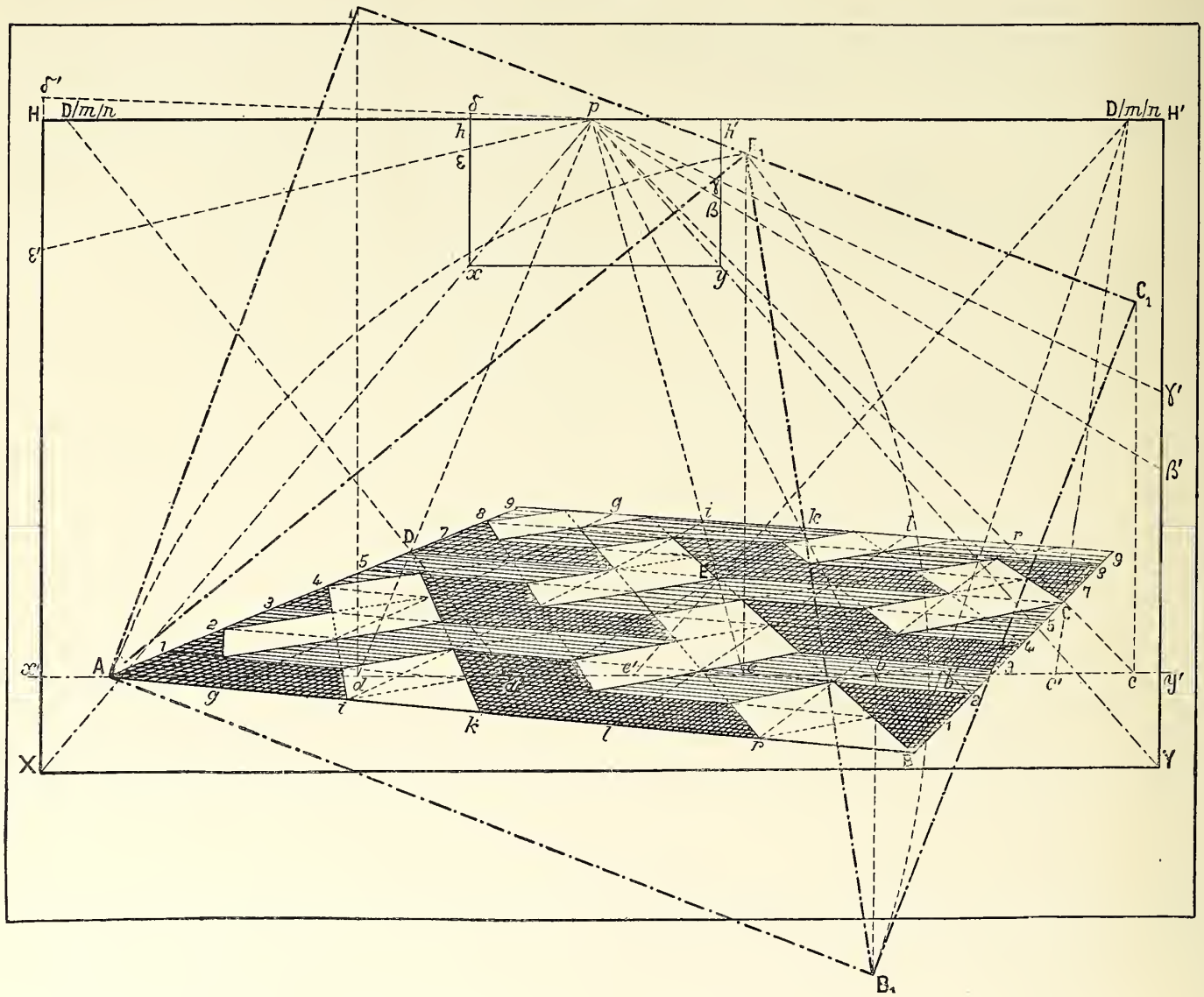
Fig. 259



qui était le point de vraie distance du petit tableau et qui est devenu, par suite de l'amplification m/n, le point de distance réduite m/n du grand tableau. Le rapport d'amplification n/m, quelconque d'ailleurs, serait donné soit par le rapport de xy à XY, soit par celui de px à pX, soit par celui de ph à pH, de $y\beta$ à Yβ' etc... : En un mot, le petit tableau et le grand tableau, en prenant p comme centre de divergence, vont servir d'échelle d'amplification ou de réduction. 3° On suppose, enfin, que la droite AB du tableau est la perspective de la base AB du carrelage de la figure 259, et, avec toutes ces données, on demande d'achever la mise en perspective du carrelage.

(*b*) *Relèvement du géométral.* — On choisit en x'Ay' passant de préférence par A, une frontale laquelle va servir de

Fig. 260



charnière pour relever le géométral ; et on relève B comme suit : 1° Bb est une fuyante principale, perpendiculaire perspectivement à la charnière qu'elle rencontre en b ; 2° bB$_1$, verticale, est, en direction, le relèvement de bB ; 3° pour trouver la longueur de bB à l'échelle du plan de front A$x'y'$, on joint B à D/m/n de droite, ce qui donne sur $x'y'$ un segment bb' ; 4° on l'amplifie dans le rapport d'amplification et, pour cela, on prend (petit tableau) $y\beta = bb'$; on mène la divergente $p\beta$ jusqu'en β' sur le grand tableau ; on mesure au compas Yβ' et on porte, sur le relèvement, bB$_1$ = Yβ'. Le point B$_1$ est le relèvement de B.

(*c*) *Le carrelage relevé.* — 1° Le point A étant sur la charnière, n'a pas bougé et, par suite, AB$_1$ est le relèvement de AB ; 2° sur AB$_1$, on construit en AE$_1$B$_1$ le triangle équilatéral qui est la copie de AEB de la figure 259 ; 3° on achève le rectangle AD$_1$C$_1$B$_1$.

(*d*) *Remise en place.* — Il faut, par des opérations inverses de la précédente, rabattre et remettre en place le rectan-

gle ; à cet effet : 1° la verticale D_1d se rabat, en direction, suivant la fuyante dp ; 2° au compas, on reporte la longueur dD_1 en $X\delta'$ sur le bord du grand tableau ; on joint $p\delta'$ et, sur le bord du petit tableau, on obtient en $x\delta$ la *réduction* voulue de $X\delta'$; 3° on porte cette réduction $X\delta'$ de d en d' sur la charnière ; 4° on joint d' au point $D/m/n$ de distance réduite et on obtient en D le rabattement de D_1 ; 5° on fait de même pour C_1 (on a $cC_1 = Y\gamma'$, et $y\gamma = cc'$, etc...)

(*e*) *Détails.* — Une fois le rectangle ABCD (tableau) mis en place, on divise perspectivement AB et DC en 6 parties égales et ensuite AD et BC, également en 6 parties égales, avec prolongement en 7, 8, 9 de trois de ces parties ; le reste du dessin s'achève ensuite facilement. L'épure ne porte pas la trace de ces dernières constructions ; on les a faites en se servant de l'échelle divergente (v. fig. 240).

190. **Conclusions du chapitre V.**

On voit que la Perspective, de même que la Descriptive, est en possession de méthodes qui permettent, sur un tableau, de résoudre tous les problèmes relatifs aux véritables grandeurs (recherches ou constructions d'angles et de distances). En dernière analyse la méthode consiste à amener la figure plane, qu'il faut mesurer ou qu'il faut construire, à se présenter parallèlement soit au tableau, dans le cas de la Perspective, soit à l'un des plans de projection, dans le cas de la Descriptive.

CHAPITRE VI

PERSPECTIVE DES CERCLES HORIZONTAUX

§ I. — Théorie

Nous avons déjà parlé de la perspective des cercles de niveau (nos 181-182-183). L'importance de la question nous engage à consacrer un chapitre complémentaire aux cercles.

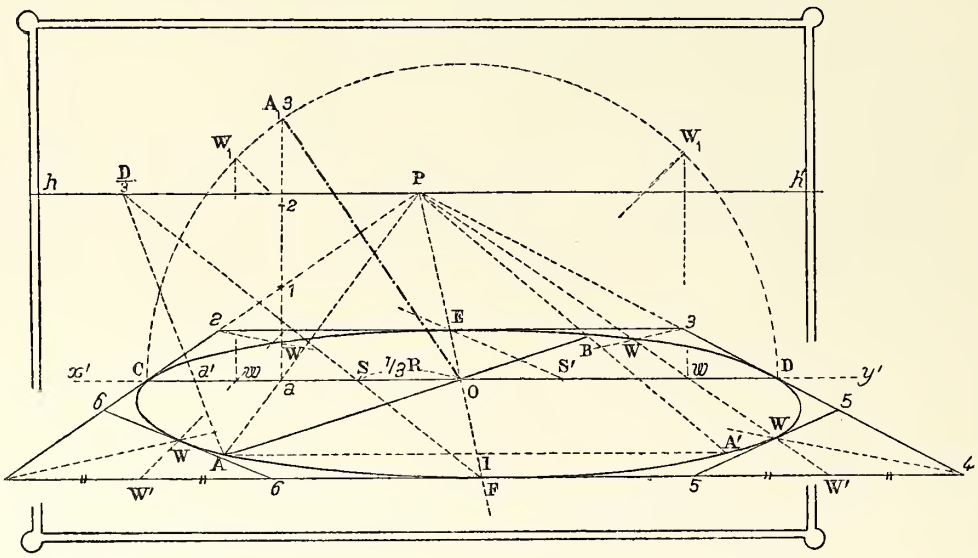
191. Construire un cercle sur une ligne fuyante, comme diamètre.

(*a*) *Données.* — Soit AB le diamètre fuyant donné. Soit P le point principal, et D/3 son point *tiers de distance.*

(*b*) *Solution* (fig. 261). — 1° Chercher le milieu perspectif O de AB, ce sera le centre du cercle. A cet effet : mener la ligne de front AA′, et la fuyante principale PB. Prendre le milieu vrai I de AA′. Joignant ensuite IP, on en déduit le centre O du cercle.

2° Mener par O, la ligne de front $x'Oy'$ et faire un relèvement du géométral autour de cette ligne $x'y'$ comme charnière. Le point A se relève en A_1. On a utilisé pour ce

Fig. 261



relèvement le point tiers de distance D/3 de gauche (aA_1 = 3 fois aa').

3° OA_1 est la grandeur, à l'échelle du plan de front $x'y'$, du rayon du cercle. On décrit ce cercle, C, qui donne en C et D les extrémités de son diamètre de front ;

4° Prenant OS = OS′ = 1/3 du rayon et joignant S et S′ au point D/3 on obtient en E et en F les extrémités du diamètre principal, c'est-à-dire perpendiculaire au tableau ;

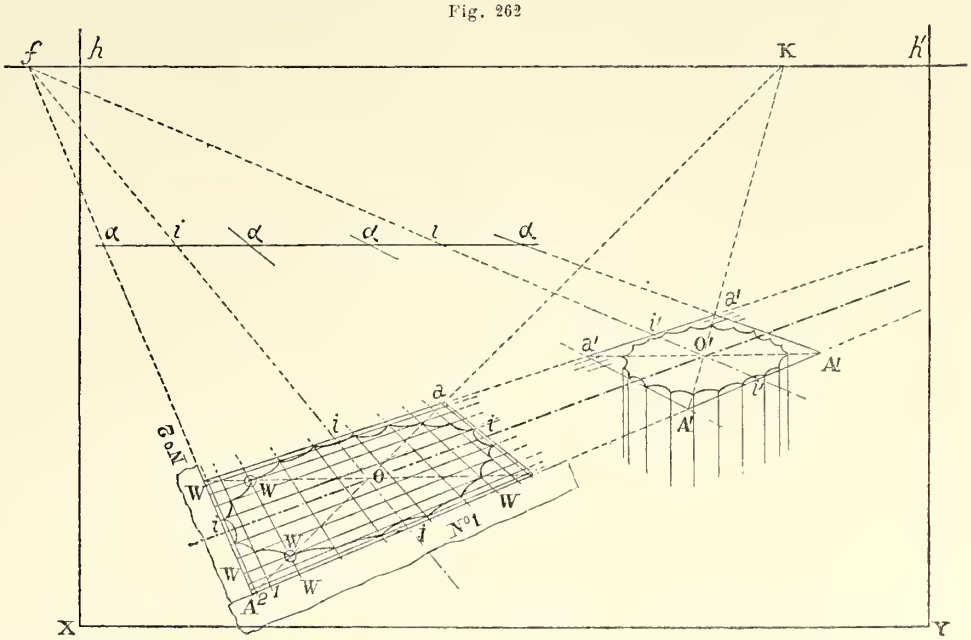
5° On construit alors en 1, 2, 3, 4 le trapèze, perspective du carré de front circonscrit au cercle et on achève comme à la figure 252, en se contentant des points W, W..... de diagonales, c'est-à-dire par la méthode des huit points.

192. Architecture. — Perspective de plan de colonnes cannelées.

(*a*) *Données.* — Nous supposons (fig. 262) que, par les méthodes générales, ou par l'observation, on a mis en perspective en AA*aa* et A′A′*a*′*a*′ les carrés circonscrits aux cercles cannelés. On a mené les diagonales, ce qui a fourni en O et O′ les perspectives des centres ; on en déduit facilement les

perspectives, *fio*, *f'i'o'*, des axes principaux des cercles. | Nous avons à ce moment la perspective des masses ; il faut

Fig. 262



maintenant entrer dans le détail des cannelures en considérant comme exactes les perspectives des carrés circonscrits A*a*, A'*a'*.

Supposons qu'il y ait à établir 20 cannelures comme aux colonnes du Parthénon :

(*b*) *Echelle circulaire spéciale.* — Nous emploierons encore à cet effet une échelle divergente, établie comme suit.

1° Construisons (fig. 263) en épure, un cercle, ou plutôt un demi-cercle, ce qui suffira, à cause de la symétrie, et figurons sur ce cercle les cannelures que nous voulons W, 1, 2..... 1, 2..... Remarquer qu'il ne faut pas d'arête de cannelures dans les axes.

2° Projetons les points de division du cercle ainsi divisé en A, W, 1, 2..... sur le diamètre AA, et construisons une échelle divergente, de sommet S, sur cette division, en ayant soin d'y marquer aussi la ligne SI, que nous avons nommée plus haut (v. n° 175) *le repère milieu*, et qui répond au milieu de AA ;

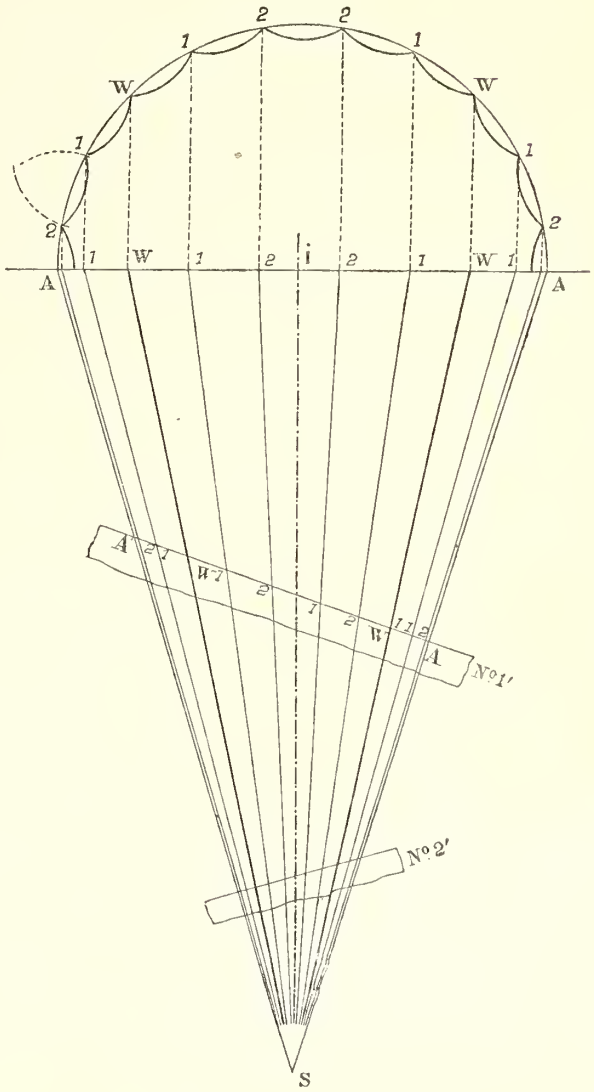
(*c*) *Perspective des cannelures.*— 1° Sur une bande de papier N° 1 (Tableau), relevons les trois points A*i*A sur un des côtés du carré ;

2° Par tâtonnements, inscrivons sur l'échelle (Position n° 1') la bande de papier de manière que les trois repères, savoir les repères des extrémités A, A et celui du milieu I soient sur les lignes correspondantes ;

3° Marquons en W, 1, 2..... les points de division et reportons cette division en AWI..... du tableau ;

4° Faisons la même opération pour tous les côtés des carrés circonscrits et en joignant les points qui sont en face les uns des autres nous aurons un réseau dans lequel on retrouvera facilement les points cherchés.

Fig. 263

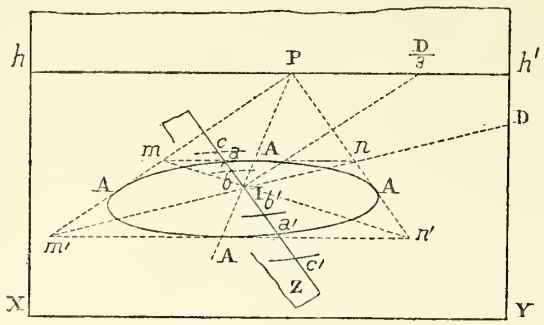


(*d*) *Nota.* — Dans la pratique on se garde bien de surcharger ainsi le dessin. Lorsque l'on a le carré circonscrit en perspective, on trace très légèrement au crayon et de sentiment, l'ellipse perspective du cercle ; elle est inexacte, bien entendu, et sera effacée plus tard ; mais on ne trace les lignes du réseau qu'aux environs de cette courbe, ce qui dégage beaucoup le dessin.

193. Perspective d'une série de cercles concentriques. — Emploi d'échelles divergentes.

(*a*) *Données.* — Le problème se présentera souvent de la

Fig. 264



manière suivante (fig. 264). On a en AAAA une ellipse, perspective d'un cercle horizontal. Cette perspective a été obtenue par un procédé quelconque, soit que l'on dessine d'après nature, soit que l'on ait employé les méthodes exactes. On voudrait, maintenant, tracer directement, sans être obligé de revenir à l'épure, d'autres ellipses, perspectives de cercles concentriques au premier ; on sait seulement que les rayons R', R''... de ces nouveaux cercles sont dans un rapport donné avec le rayon R du cercle déjà tracé.

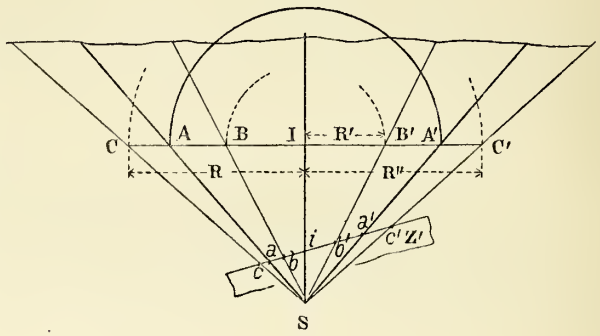
(*b*) *Restitution perspective du centre.* — On mène deux tangentes de front *mn-m'n'*. On détermine les points de contact AA. On les joint par une droite qui, prolongée, donne en P, sur la ligne d'horizon, le point de fuite principale. — Du point P on mène deux tangentes à l'ellipse, ce qui détermine en *mnm'n'*, la perspective du carré circonscrit. On en mène les diagonales qui se recoupent en un point I qui est la perspective du centre.

(*c*) *Nota.* — On voit que cette construction permet de restituer non seulement le centre du cercle mais encore, en P, le point principal. La diagonale *m'n* prolongée jusqu'à l'horizon restituerait le point principal de distance. Ce point sera presque toujours inaccessible. — Mais, si l'on prenait le tiers ou le quart de A*n*, en y joignant le centre I, on aurait une ligne de resection 1/3 ou 1/4, qui donnerait le point tiers, ou quart de distance, probablement accessible.

Nous consacrerons plus loin un chapitre spécial aux problèmes des restitutions perspectives.

(*d*) *Construction d'une échelle divergente spéciale.* — Prenant 3 longueurs IA-IB-IC qui soient entre elles comme les rayons R, R' et R'', on construira une échelle divergente sur ces lignes comme base (fig. 265).

Fig. 265



Les 3 lignes de repère de cette échelle sont SA, SI et SA'.

(*e*) *Mise en place directe des points des cercles* R' *et* R''. — On mènera (Tableau) un rayon quelconque *ala'*. — Sur une bande de papier Z on piquera les trois points de repère, savoir : *a* et *a'* pris sur le cercle donné en perspective et I pris au centre. On reportera la bande de papier en Z' sur l'échelle en la repérant par les points *a*, *i* et *a'* sur les droites A, I et A' de l'échelle. On y marquera les autres points *c*, *b*, *b'* et *c'* et, reportant l'échelle sur le tableau, on aura en *c*, *b*, *b'* et *c'* des points des cercles concentriques demandés.

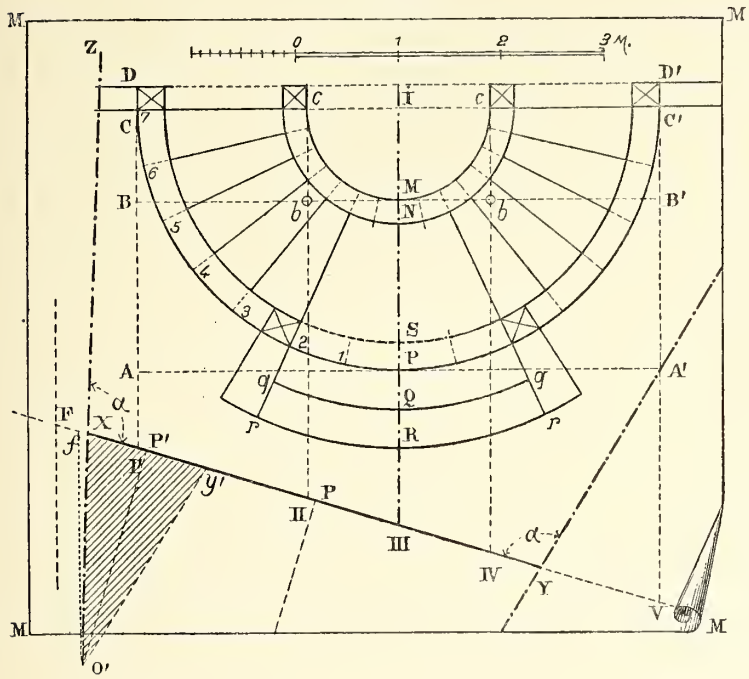
On recommencera cette opération plusieurs fois et on joindra par des courbes continues, qui seront ordinairement des ellipses, mais qui (voir plus loin n° 196) pourraient être des hyperboles ou des paraboles, les points qui répondent à un même cercle.

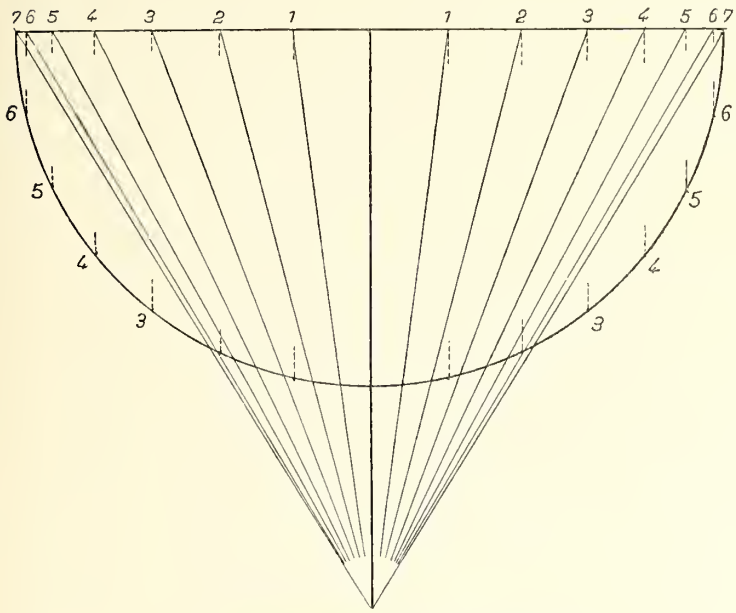
(*f*) *Remarque.* — Cet exemple est de nature à faire comprendre ce qui doit guider le perspecteur dans l'application des méthodes de perspective directe. On voit comment, après avoir accepté comme exacte la perspective d'un premier cercle, on en déduit celle d'autres cercles, sans avoir recours à l'épure. On pourrait croire préférable, au point de vue de l'exactitude, de revenir à l'épure et d'établir avec autant de précision que possible les autres cercles sans s'occuper du premier. Ce serait mauvais au point de vue du dessin. En effet, il faut admettre que le premier cercle présente quelques fautes, et si l'on dessinait les autres avec une précision absolue les erreurs seraient beaucoup plus choquantes que si, admettant, comme nous l'avons fait, le premier cercle comme bien mis en place, nous en déduisons, point par point, ceux qui lui sont concentriques.

§ II. — Applications

194. Plan d'un escalier circulaire. (Exercice donné à l'Ecole des Ponts et Chaussées, cours préparatoires).

Fig. 266





Echelle circulaire des marches (Fig. 267)

(*a*) *Données.* — La figure 266 donne le plan géométral de l'escalier à une échelle quelconque figurée sur le croquis. Le cadre de la feuille est indiqué en M, M, M..... On s'impose l'obligation de ne pas sortir sensiblement de ses limites. — Avec l'aide du chercheur on a pris en XY la position du tableau et on a tracé en YA′ et XZ les côtés de l'angle optique, en ayant soin, si l'on veut que le point principal P tombe au milieu du tableau, de prendre égaux entre eux les angles faits en X et Y par les côtés de l'angle optique et par la base du tableau. D'ailleurs, l'emploi du chercheur gradué (n° 172) conduit toujours à ce résultat.

L'horizon est supposé placé à 3 mètres de hauteur.

(*b*) *Préparation de l'épure.* — On voit de suite que les côtés, prolongés, de l'angle optique, se rencontreraient hors de la feuille. Nous avons déjà indiqué (n° 173) une manière de lever la difficulté par un *retournement* de l'œil. Nous allons donner une autre méthode dite : par *réduction de l'œil.*

On a pris en Xy' le quart de XY. Par y' on a mené une parallèle à YA′ et on a obtenu un point O′ que l'on nomme *l'œil réduit.* Il est évident que Xy'O′ est une réduction, au quart, des côtés de l'angle optique.

On abaisse O′P′ perpendiculaire sur XY et on a en O′P′ *le quart* de la distance principale. On voit que O′ tient à très peu près dans la feuille. — S'il n'avait pas tenu on aurait fait une réduction au cinquième ou au sixième.

(*c*) *Dominantes.* — Cela posé : prenons comme *dominantes* les lignes telles que AD, parallèles à l'axe du dessin. Employons donc la méthode des points accidentels de fuite ; elle est applicable ici parce que la vue prise étant très peu oblique le point de fuite F (on a XF = 4 fois Xf) des dominantes tombe très peu en dehors du tableau.

De l'œil réduit O′, menons O′f parallèle aux dominantes et portant XF égal à quatre fois Xf, nous avons en F le point de fuite des dominantes, le même que si nous avions eu à notre disposition l'œil non réduit et que nous ayons mené par lui une parallèle aux dominantes.

La distance accidentelle δ, sera égale à 4 fois O′f.

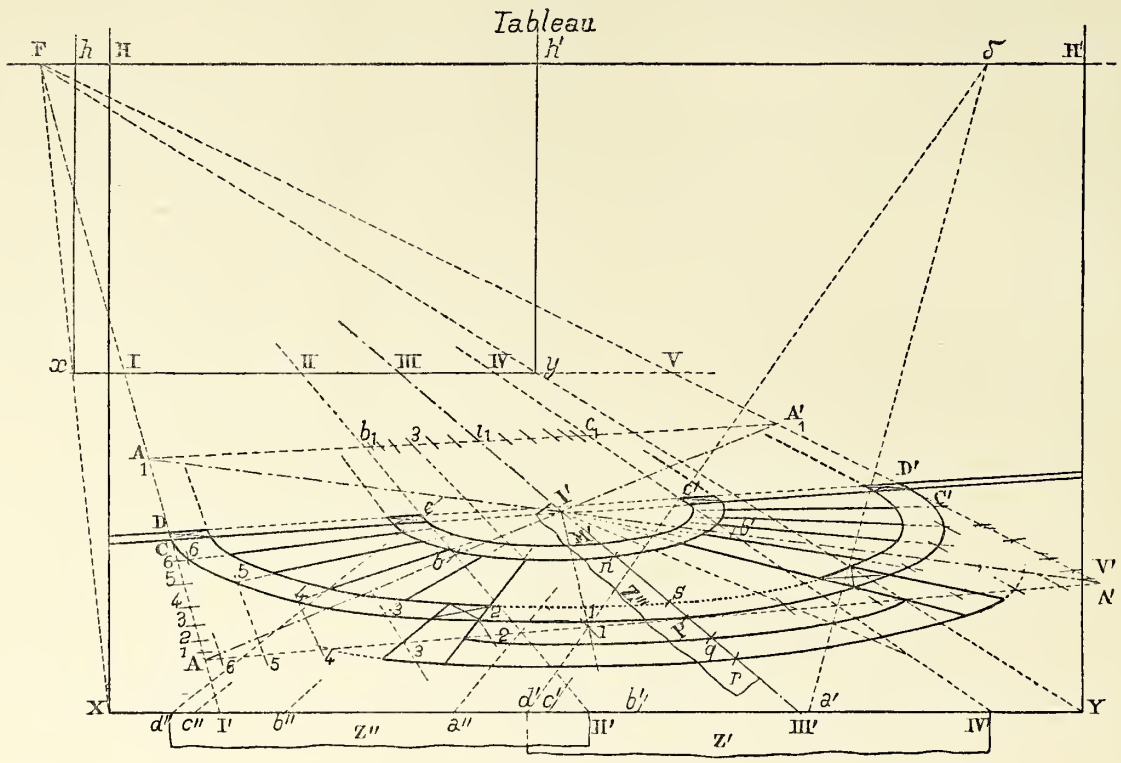
Cela posé : on ne va mettre en perspective, par la méthode générale, que les lignes DD′-CC′-BB′ (tangente au plus petit cercle), AA′ (tangente au plus grand cercle) et les dominantes numérotées I, II, III, IV et V. Tous les détails, cercles, marches, balustrades..... s'obtiendront ensuite par perspective directe.

(*d*) *Mise en place du tableau* (fig. 268). — On voit en hh' xy le petit tableau : La hauteur d'horizon a été prise égale à 3 mètres mesurés sur l'échelle de l'épure En F on a reporté le point de fuite des dominantes (Fh du tableau = FX de l'épure). On a joint Fx — Fy et on a pris le grand tableau XY aussi grand que le permettait la feuille ou la toile. Ici le grand tableau est environ les 81/46 du petit tableau. — Le rapport d'amplification est donc très compliqué. On a

porté, sur l'horizon, la longueur Fδ égal à 4 fois O'f de l'épure, et δ, qui serait le point de distance *vraie* pour le petit tableau, est devenu le point de distance *réduit* de la direction F pour le grand tableau. En réalité c'est le point 46/81 de distance.

(*e*) *Mise en largeur.* — On a reporté, sur l'échelle des lar-

Fig. 268



geurs *xy*, les points I, II, III, IV, V pris sur le bord du tableau XY dans l'épure. On a mené les dominantes FI, FII, etc.....

(*f*) *Mise en profondeur.* — Afin de ne pas sortir du cadre on a mis en profondeur les points situés sur les dominantes II et IV. On voit en Z' et Z'' sur le tableau la position des bandes de papier qui ont servi pour cela. — Il est inutile d'insister, la méthode ayant été exposée en détail dans un chapitre précédent.

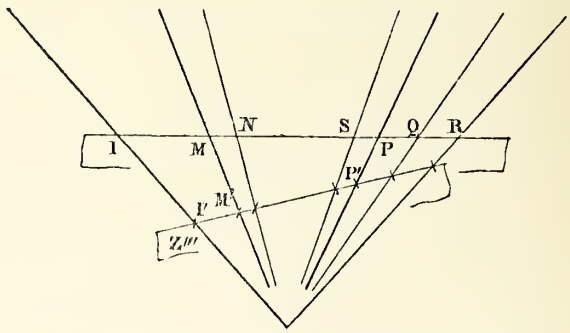
A ce moment nous n'avons encore obtenu (tableau) que les perspectives DD', CC', AA', du demi-carré circonscrit au plus grand cercle, et que *cb*, *c'b'*, perspective du demi-carré circonscrit au plus petit cercle. Tout le reste va s'obtenir par les procédés de la perspective directe.

On commencera par compléter en A'A'' en se servant des diagonales, la perspective entière du carré, afin d'avoir, tout à l'heure, pour repères sur les côtés du carré les 3 points A, C et A_1, car on sait que pour employer les échelles divergentes il faut trois points de repère.

(*g*) *Mise en place des marches.* — De chaque côté de l'axe il y aurait 7 marches; l'espace des deux premières est occupé par le palier, soit 4 marches pour sa totalité.

On construira donc (fig. 267) une échelle circulaire, répondant à la division du demi-cercle en 14 parties égales et se servant de l'échelle et de la bande de papier comme on sait, on obtiendra (tableau) en 1, 2, 3, 4 .... les extrémités des marches sur la grande circonférence et par suite cette grande circonférence elle-même. On obtient de même les extrémités situées sur la petite circonférence.

Echelle pour les balustrades (Fig. 269).



(*h*) *Balustrade et marches placées en avant* (R, Q, P.....). On relève sur l'épure (fig. 266) les points I, M, N, S, P, Q et R, parmi lesquels les 3 points I, M et P serviront de repères.

On construit (fig. 269) une échelle sur cette division et s'en servant comme nous avons dit au paragraphe précédent et comme l'indique la bande de papier placée en Z'''

sur le tableau et ensuite en Z''' sur l'échelle (fig. 269), on aura autant de points que l'on voudra des balustrades et des marches centrales.

Le reste de l'épure se comprend facilement. Nous engageons le lecteur à exécuter lui-même cette épure ou une autre analogue.

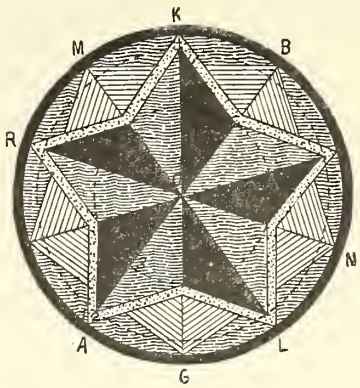
195. Rosace circulaire.

Cette application de perspective directe étant très simple à comprendre, surtout après tout ce qui précède, nous ne donnerons les explications que sous forme de légende.

(*a*) *Données.* — 1° (fig. 270) dessin géométral de la rosace pentagonale; 2° (Tableau, fig. 271), P, point principal; D/3, point *tiers* de distance; AB, ligne qui, sur le géométral en perspective, doit être un diamètre du cercle; A devant être un des sommets de l'étoile.

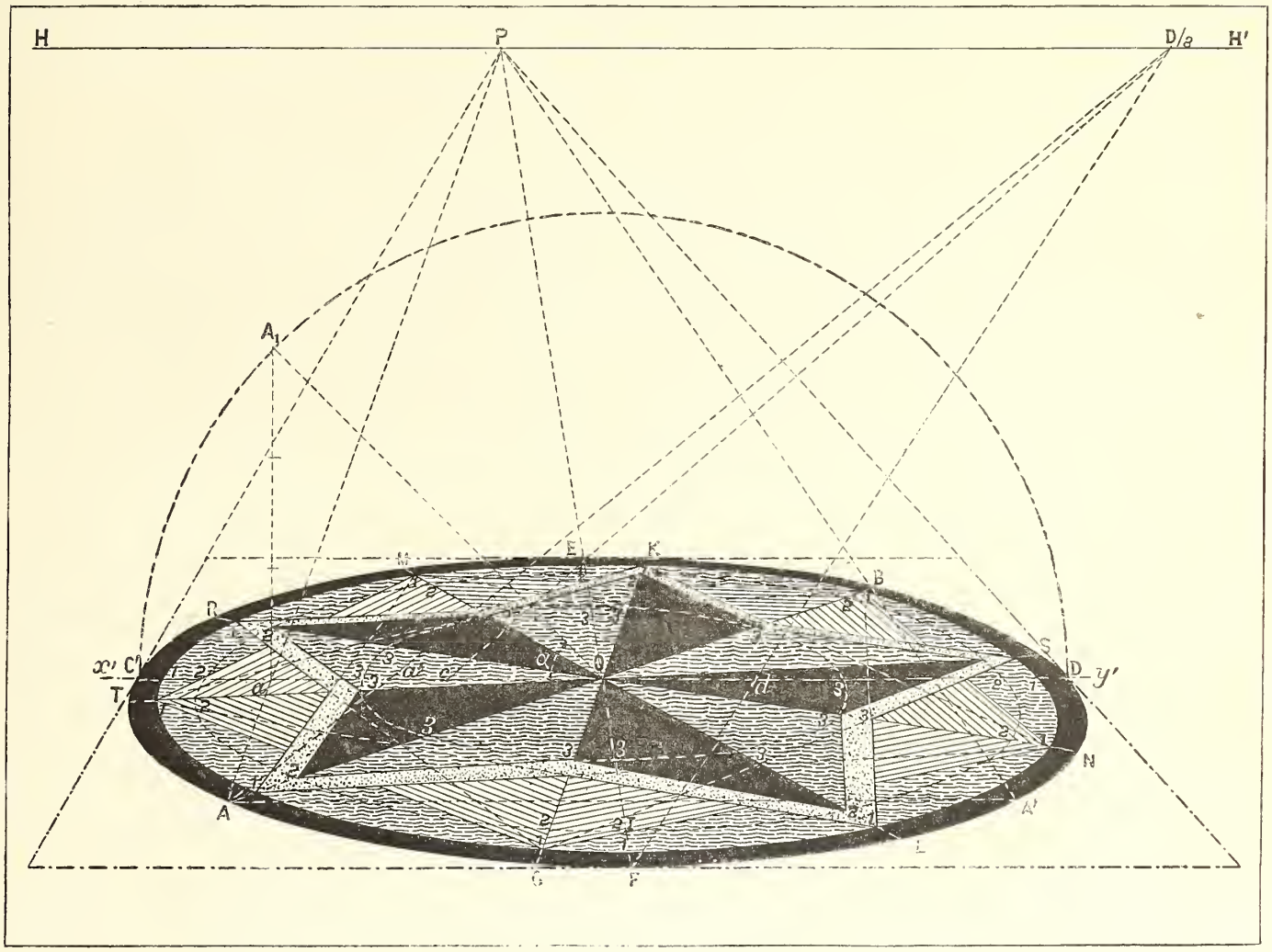
(*b*) *Centre du cercle.* — 1° On mène la frontale AA′ et la

Fig. 270



fuyante PB, jusqu'en A′. Remarquer que le point A′ doit

Fig. 271



appartenir au cercle; 2° I milieu de AA′; PI fuyante principale donnant en O, sur AB le centre du cercle.

(*c*) *Relèvement du géométral.* — *x′oy′*, charnière de front : 1° on joint AP et AD/3; 2° on porte sur la verticale aA_1 *trois* fois le segment intercepté aa' ($aA_1 = 3$ fois aa'); 3° on trace le cercle relevé OA_1; il donne en CD le diamètre de front.

(*d*) *Perspective du carré circonscrit.* — FCED (v. nos 180 et 191). On en déduit ensuite très soigneusement l'ellipse inscrite qui est la perspective du cercle.

(*e*) *Sommets de la rosace.* — La construction n'est pas indiquée sur l'épure, on doit la faire comme suit : 1° à partir de A, on divise le cercle relevé en 10 parties égales; 2° de ces points on abaisse des verticales jusqu'à la charnière; 3° on joint ces points de charnière au point P et les rencontres de ces fuyantes avec l'ellipse tracée donnent les sommets d'un décagone; mais ces sommets ne sont pas encore ceux de la rosace, car ces derniers sont respectivement sur trois autres cercles intérieurs (cercles 1, 2 et 3); 4° les sommets saillants 1 et 2, ainsi que les sommets rentrants 3 de la rosace s'obtiennent par la méthode des cercles concentriques (n° 193) en construisant une échelle divergente spéciale.

§ III. — Compléments

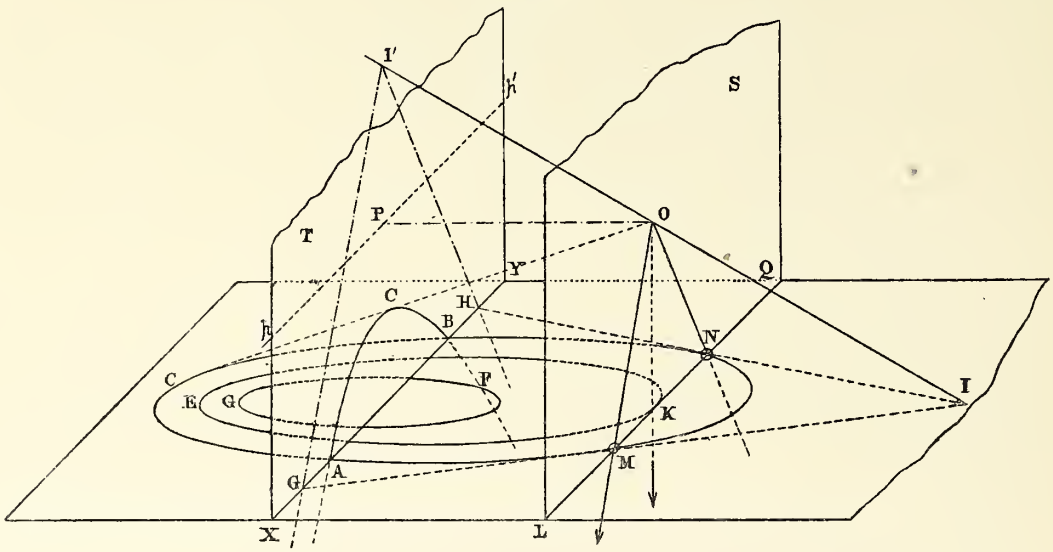
196. Cas particuliers de la perspective d'un cercle horizontal. — Ellipse, hyperbole ou parabole.

(*a*) *Propriétés du plan neutre.* — Le croquis perspectif de la figure 272 montre en T la position du tableau, en O celle du point de vue.

Nous avons nommé *plan neutre*, le plan S qui est mené par l'œil parallèlement au tableau, et *ligne neutre*, LQ, son intersection avec le géométral.

Il est facile de voir qu'un point quelconque M, ou N du plan neutre a sa perspective sur le tableau reculée à l'infini, car le rayon visuel OM, du point M, étant parallèle au tableau, rencontre ce dernier à l'infini.

Fig. 272



Par conséquent, dans un tableau, si deux droites, que nous saurons être dans un même plan, ont pour perspectives deux lignes parallèles, loin d'en conclure qu'elles sont parallèles en réalité dans l'espace, nous pouvons affirmer, au contraire, qu'elles se rencontrent dans le plan neutre.

Il n'y aurait d'exception que si les deux droites étaient de front. Dans ce cas le parallélisme se conserve en perspective.

Cela posé : un cercle peut avoir pour perspective, une ellipse, une hyperbole ou une parabole.

(*a*) *Perspective elliptique.* — L'*ellipse* est une courbe fermée qui n'a pas de branches infinies. Pour que la perspective d'un cercle donne une ellipse il faut donc qu'aucun des points du cercle ne soit dans le plan neutre; c'est le cas du cercle GF (fig. 272).

(*b*) *Nota.* — Une partie du cercle, telle que F, peut être située dans la région intermédiaire, c'est-à-dire comprise entre le tableau et le plan neutre, sans que la perspective cesse d'être une ellipse. Ce sera une portion d'ellipse au lieu d'être une ellipse complète.

(*c*) *Perspective hyperbolique.* — L'*hyperbole* présente des branches infinies avec des asymptotes; ces dernières sont des tangentes aux points situés à l'infini.

Pour que la perspective d'un cercle donne une hyperbole, il faut donc que le cercle occupe une position analogue à CMN, c'est-à-dire qu'il rencontre le plan neutre en deux points M et N. Ces points M et N se nommeront les *points neutres* du cercle et se perpectiveront à l'infini sur le tableau.

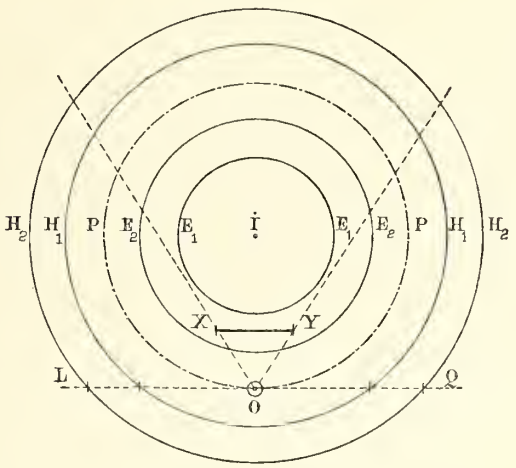
(*d*) *Asymptotes.* — Menons des tangentes en M et N aux

points neutres; soient MI et NI ces tangentes; mettons-les en perspective et nous aurons les tangentes à l'infini, c'est-à-dire les asymptotes. Les points G et H, où elles rencontrent le tableau, sont à eux-mêmes leur perspective; joignons OM et ON, les perspectives seront l'H et I'G parallèles à OM et à ON.

(*e*) *Perspective parabolique.* — Si le cercle occupe la position EK, c'est-à-dire s'il est tangent au plan neutre, en K, par exemple, ce point K se perspectivera aussi à l'infini comme les points M et N; mais la tangente au cercle LQ étant dans le plan neutre, se perspective tout entière à l'infini, ce qui veut dire qu'elle n'existe plus. Donc, dans ce cas, la perspective sera une courbe à branche infinie, mais sans asymptote; ce sera donc une parabole.

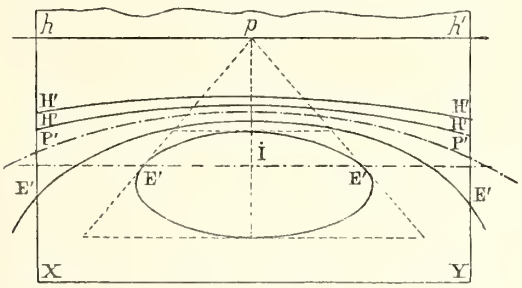
197. Application. — Perspective des bancs d'un cirque. On peut observer tous ces cas de perspective lorsque (fig. 273) on est assis en O sur un des bancs d'un cirque.

Fig. 273



On peut se figurer le tableau placé en XY, en avant du spectateur, et, si ce dernier regarde le centre I de l'arène,

Fig. 274

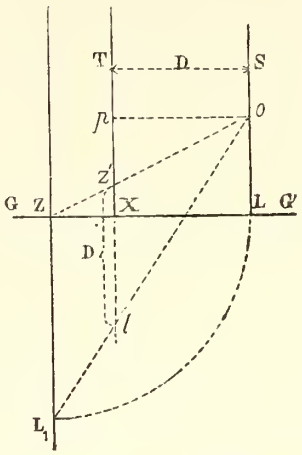


alors le plan neutre LQ est tangent au cercle du banc sur lequel il est assis. — Donc ce cercle PP apparaîtra (v. fig. 274) suivant une parabole P'P'. Les deux cercles (fig. 273) E_1 et E_2 placés en avant de lui auront pour perspectives les ellipses E' et E'. L'une, la plus petite, sera complète; l'autre ne sera que partielle. Enfin les deux cercles H_1 et H_2 qui passent derrière le spectateur, apparaissent sur le tableau suivant des hyperboles, H' et H'.

198. Position de la ligne neutre quand on relève le géométral.

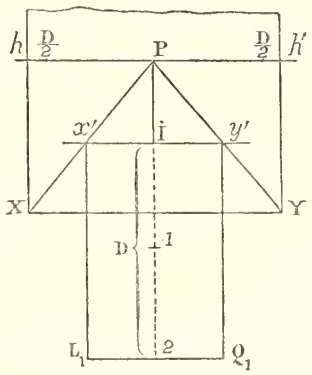
La figure 275 représente, en projection verticale, une

Fig. 275



coupe faite par un plan vertical perpendiculaire au tableau et passant par l'œil. C'est le *plan vertical principal.* GG' est le géométral; XT est le tableau; LS le plan neutre; O le point de vue. Z est une charnière autour de laquelle on a relevé le géométral, et, dans cette rotation, la ligne neutre L a pris la position L_1. On veut se rendre compte de ce que cela donne en perspective et, à cet effet, on mène les rayons visuels OZ (recoupant le tableau en Z') et OL_1 (le recoupant en l'). Z' est la perspective de la charnière et l' celle de la ligne neutre. Calculons la longueur Z'l' sur le tableau.

Fig. 276



Les triangles semblables donnent, avec $ZL = Z'l'$

$$\frac{Z'l'}{ZL_1} = \frac{XL}{ZL} \qquad \text{d'où} \qquad Z'l' = XL = D.$$

D'où ce résultat important : Si dans un tableau (fig. 276) on fait un relèvement du géométral autour d'une charnière

quelconque $x'y'$, la ligne neutre, supposée entraînée dans le mouvement, se relèvera, soit *au-dessus*, soit *au-dessous* de la charnière, en L_1Q_1 à une distance de cette charnière qui sera toujours égale à la *distance principale entière* D. Et cela aura lieu quelque loin ou quelque près du tableau que soit le plan de front de la charnière $x'y'$.

Cette remarque trouvera son application dans certains problèmes de tangence tels que le suivant.

200. **Problème à chercher.** — Connaissant, sur le géométral, la perspective du carré circonscrit à un cercle, déterminer directement les points de la perspective de ce cercle pour lesquels les tangentes seraient parallèles à une direction donnée et, en particulier, seraient perpendiculaires à la ligne d'horizon.

Ces tangentes, perpendiculaires à la ligne d'horizon, seraient les contours apparents d'un cylindre vertical qui aurait pour base le cercle donné ; il pourrait donc y avoir intérêt à les déterminer directement. Dans la pratique du dessin on se contente, avec juste raison, de tracer d'abord la courbe par points, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut ; après quoi on lui mène des tangentes verticales, par simple appréciation de contact.

CHAPITRE VII

PERSPECTIVE DES ÉLÉVATIONS

§ I. — Problème général de la mise en hauteur

201. Mise en hauteur d'un point,

Problème. — Etant donné la projection m d'un point sur le géométral et connaissant, à l'échelle d'un plan de front déterminé, la hauteur h de ce point, au-dessus du géométral, construire la perspective M *de ce point.* — Cette opération se nomme la mise en hauteur du point M (fig. 277).

Si la perspective du plan a été faite comme nous l'avons indiqué dans les leçons précédentes, il existera toujours un plan de front xy, celui que nous avons appelé le *petit tableau*, ou un autre, dont nous connaîtrons l'échelle. Supposons que l'échelle de ce plan de front xy soit ici 1/200, c'est-à-dire de cinq millimètres pour un mètre. Si au lieu d'être en m le point était reporté en m'' sur la base xy du petit tableau, base que nous avons appelée l'*échelle des largeurs*, en prenant la verticale $m''M''$ égale à la hauteur h donnée, réduite à l'échelle (ici nous l'avons supposée de $3^m,50$) ; le point M'' serait mis en hauteur dans le plan de front xy.

Cela posé, menons par m une fuyante quelconque Pm. Par le point m'' où elle rencontre l'échelle des largeurs, menons la verticale $m''M'' = 3^m,50$, hauteur donnée à l'échelle ; puis la fuyante PM'' jusqu'à la rencontre en M avec la verticale du point m. On aura évidemment, dans l'espace, $mM = m''M''$. Mais $m''M'' = h = 3^m,50$, donc le point M est bien dans l'espace à une hauteur $h = 3^m,50$ au-dessus de la projection m. M est donc le point cherché.

202. Emploi d'un mur fuyant auxiliaire. — Echelle des hauteurs.

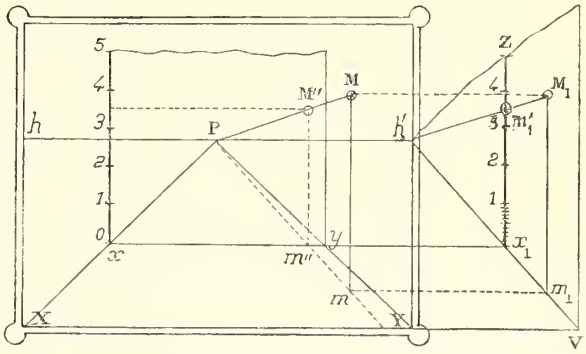
La construction précédente aurait pour inconvénient de tracer de nombreuses lignes dans la partie importante du tableau. Lorsque l'on a une série de points à mettre en hauteur, on procède comme suit (même figure 277) :

Sur le côté du tableau, en h'V, on trace une fuyante quelconque ayant une inclinaison aussi voisine que possible de 45°, afin de donner plus de précision aux recoupements.

Cette droite est la trace sur le géométral d'un mur vertical fuyant. Ce mur est tout à fait de convention.

Soit x_1 le point où l'échelle des largeurs rencontre la trace h'V de ce mur. La verticale x_1Z se nomme *échelle des hauteurs.* Il est évident que toute hauteur portée sur cette droite se perspective à la grandeur qu'elle posséderait sur l'épure, ou, pour parler plus généralement, se perspective à l'échelle qui caractérise le plan de front xyx_1.

Fig. 277



Cela fait : pour mettre le point M en perspective, on porte, à l'échelle voulue, sa hauteur h de x_1 en m_1 sur l'*échelle des hauteurs* x_1Z.

On trace la fuyante $h'm_1$ dans le mur fuyant. On l'arrête en M_1 sur la verticale du plan de front qui passerait par m. — Puis on reporte la hauteur $m'M_1$ sur la verticale du point m, de m en M, ce qui donne le point cherché.

On remarquera que dans une épure faite par cette méthode, sur une planche à dessin, toutes les lignes de construction se tracent avec le té et avec l'équerre, ce qui permet de les exécuter rapidement et presque sans laisser de trace sur l'épure.

Remarque. — Si l'élévation et le plan n'étaient pas donnés à la même échelle sur l'épure, l'échelle des largeurs et l'échelle des hauteurs ne seraient pas dans un même plan de front.

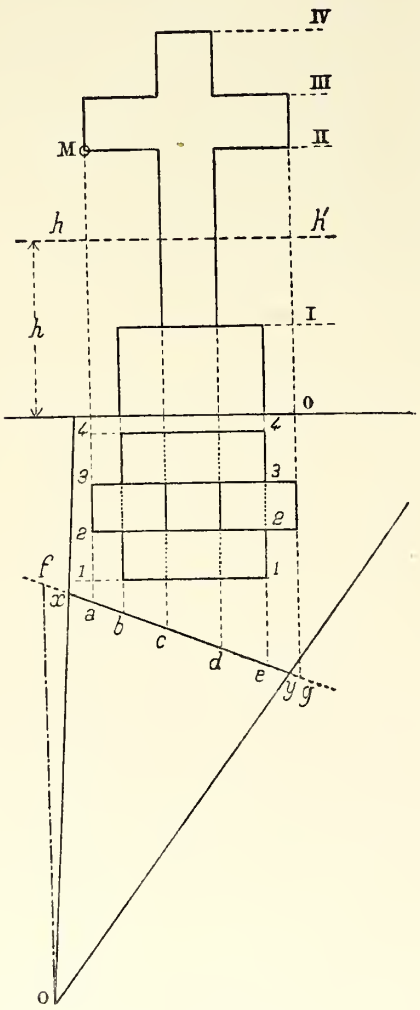
203. Application à la perspective d'une croix.

(*a*) *Epure.* — On a (fig. 278) l'épure géométrale de la croix en plan et élévation — xy est la base du tableau, o le point de vue — hh' la hauteur d'horizon.

Les *dominantes* du plan sont les lignes *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *g*, dont le point de fuite *f* est accessible.

(*b*) *Perspective du plan sur un géométral abaissé* (fig. 279). — Nous prenons, comme cela a été dit plus haut, en *xy* un *petit tableau* égal en grandeur à celui de l'épure. Le point de fuite est reporté en *f* ; nous menons les fuyantes *fx*, *fy*, et nous les arrêtons en X et Y lorsque la largeur XY est celle que nous voulons donner au tableau. Le petit tableau *xy*

Fig. 278



avait 31mm de large ; le grand tableau en a 88 ; le rapport d'amplification est donc 88/31 ; il est compliqué, mais peu importe.

Seulement nous descendons XY en X'Y' aussi bas que la feuille de papier le permet, et, gardant le même horizon *hh'*, c'est sur un géométral qui aurait X'Y' pour ligne de terre, c'est-à-dire abaissé au-dessous du vrai géométral XY de toute la hauteur XX', que nous faisons la perspective du plan.

On voit cette perspective en 1 4 *mn*, etc..... Il est inutile d'expliquer comment elle a été obtenue (voir n° 147) :

Nous avons abaissé le géométral pour les raisons suivantes :

1° Cela permet de loger toutes les constructions dans l'intervalle XY, X'Y' dans une partie du dessin qui ne sera pas occupée par la véritable image du solide, laquelle, sans cela, serait encombrée par elles d'une manière désagréable.

2° Ayant conservé la même ligne d'horizon (ce point est important à retenir), la perspective du plan se développe davantage, et se rapproche d'une vue dite : *à vol d'oiseau ;*

En un mot elle est très peu en raccourci et les points de recoupement *m*, *n*..... y sont plus distincts et par conséquent plus précis.

La place manque quelquefois pour faire cet abaissement du géométral ; mais comme le ciel, dans un tableau, reste généralement libre, on fait alors un surhaussement du géométral ; on le met le plus haut possible au-dessus de l'horizon et c'est sur lui que l'on fait la perspective du plan.

(*c*) *Mise en hauteur.* — Nous remarquons (épure) que les points de l'objet à représenter sont à cinq niveaux différents ; il y en a sur le sol (hauteur zéro), puis aux niveaux indiqués en chiffres romains I, II, III, IV.

1° Nous prenons, sur la droite du tableau, en disposant de toute la place libre qui reste sur la feuille, un *mur vertical fuyant* dont H'α est la trace sur le géométral vrai (niveau zéro) et dont H'α' est la trace sur le géométral abaissé.

2° En OZ, dans le plan de front du petit tableau, nous traçons une verticale qui est *l'échelle des hauteurs*, et nous y reportons en I, II, III, IV, les différents niveaux.

Le croquis de la moitié de la croix que l'on voit en pointillé à droite de l'échelle des hauteurs aide à se reconnaître dans ces différents niveaux, il n'est pas indispensable.

Nous menons les fuyantes horizontales H'I, H'II, etc..... Cela fait :

4° Soit à mettre le point M (épure) en hauteur : Il est au niveau n° II. Sa perspective sur le géométral abaissé (tableau), est *m*. — On mène la ligne de front *mm'* jusqu'à la rencontre en *m'* avec H'α'. — On mène la verticale $m'M'_2$ que l'on arrête en M'_2 au niveau n° II, et on reporte finalement M'_2 en M_2 à plomb du point *m*, par une ligne de front M'_2M_2.

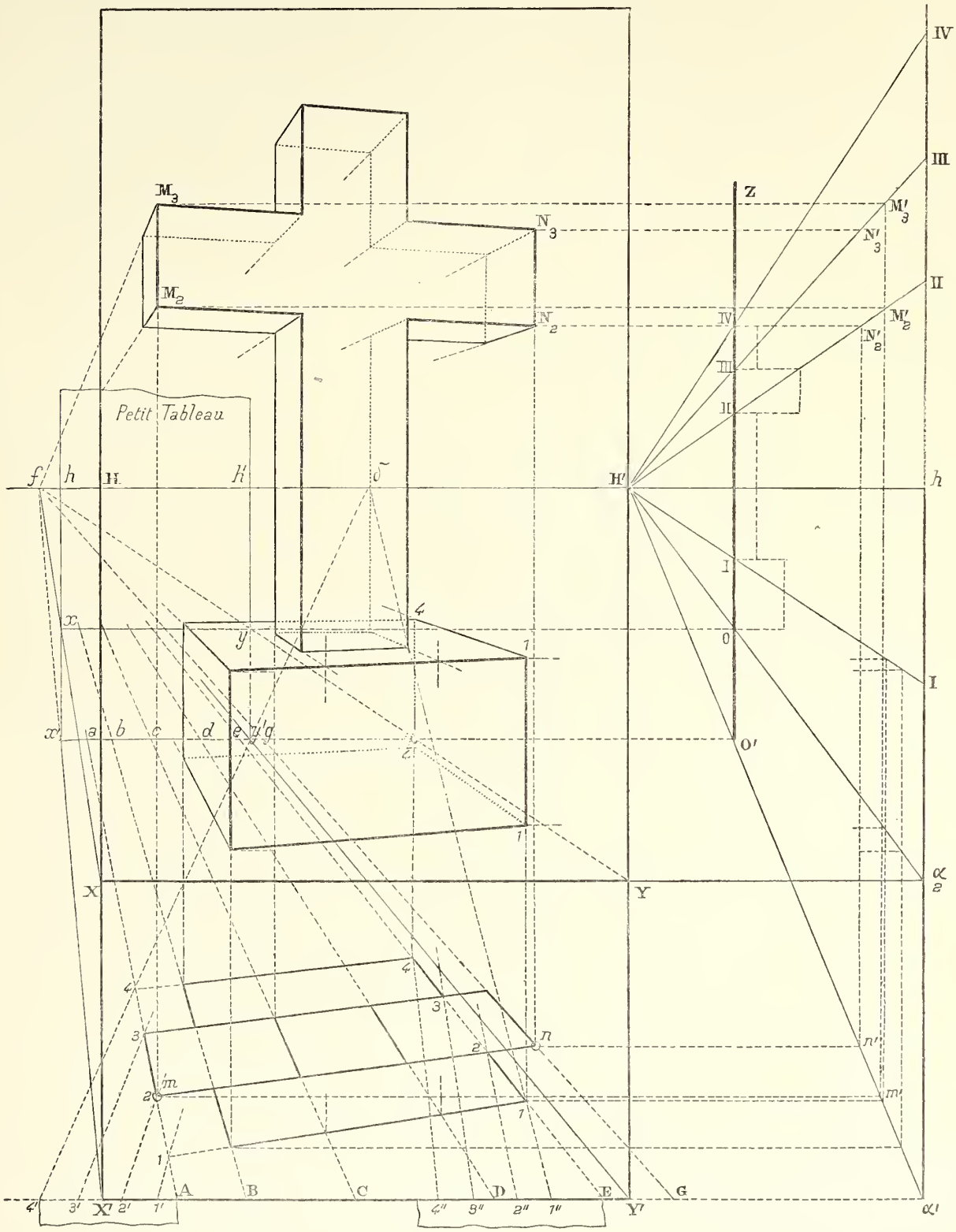
On opérera de même pour un certain nombre de points convenablement choisis. Avec un peu d'habitude, cette mise en hauteur se fait très vite et presque sans laisser de traces sur le tableau, car il n'y a pas besoin de dessiner les lignes de construction dans toute leur longueur.

La considération du point de fuite accessible *f*, auquel doivent converger toutes les dominantes, donnera des vérifications nombreuses et permettra de réduire considérablement les points à mettre directement en hauteur.

Nota. — Le lecteur fera bien, pour se familiariser avec la méthode, de mettre en perspective des objets simples dont

le relevé géométral aura été fait préalablement. On prendra comme premiers exercices un tabouret, une table, un perron, un escalier. On terminera par un entablement d'architecture. (Voir plus loin, revevé d'un fragment d'architecture).

Fig. 279 (Tableau)



204. **Quelques énoncés d'épreuves d'examen.** (Professorat du dessin.)

Nous croyons être utile au lecteur en lui donnant, sans rien changer au texte officiel, quelques énoncés des épreuves

de relevé géométral et de perspective données aux examens pour l'obtention des certificats d'aptitude à l'enseignement du dessin dans les établissements universitaires de France.

Session de 1882. — Premier degré.

1° Epreuve de dessin géométral. — *Tracé géométral d'une base, d'un chapiteau et d'un entablement ioniques, d'après des modèles en relief.* — On donnera de ces objets : 1° Un plan comprenant la projection des moulures ; — 2° Une élévation ; — 3° Une coupe. — On déterminera les ombres des modèles, les rayons lumineux étant supposés parallèles à la diagonale d'un cube. — Ces tracés porteront l'échelle à laquelle ils seront exécutés ; ils devront couvrir une feuille de demi grand-aigle. — (Les modèles choisis étaient ceux qui portent sur le catalogue de l'Ecole des Beaux-Arts les numéros 2772 (base : prix 16 fr. 50), 2773 (chapiteau 21 fr.), 2774 (architrave et frise 15 fr.), 2775 (corniche, 1re partie, 19 fr.), 2776 (corniche, 2e partie, 11 fr. 50). Les 5 pièces réunies, prix 75 fr.)

2° Epreuve de perspective. — *Mettre en perspective un entablement ionique et un prisme hexagonal, d'après des modèles en relief.* — La distance du spectateur aux modèles et la distance des modèles au tableau, la hauteur de la ligne d'horizon et la position du point principal sur cette ligne sont laissées au choix des candidats sous les réserves suivantes : 1° La face ornée de l'entablement sera parallèle au tableau ; — 2° Les moulures supérieures de l'entablement seront au-dessus de la ligne d'horizon ; — 3° Le prisme hexagonal, portant des divisions linéaires, sera placé sur le sol en avant de l'entablement. Les arêtes des côtés de cet objet seront horizontales, elles ne formeront, avec le tableau, ni un angle de 45°, ni un angle de 90° ; — 4° La figure perspective de l'entablement couvrira au moins le tiers d'une feuille demi grand-aigle.

Ombres. — On déterminera les ombres des objets représentés (ombres propres et ombres portées). La direction des rayons lumineux est laissée au choix des candidats. L'entablement ionique était celui indiqué ci-dessus numéros 2774, 2775 et 2776 du catalogue de l'Ecole des Beaux-Arts. Pour prisme hexagonal on pourra prendre le prisme en zinc peint en blanc de la collection des Lycées et des Ecoles normales.

Même session. — Degré supérieur.

Epreuve de perspective. — *Mettre en perspective un entablement corinthien et un piédouche, d'après des modèles en relief.* — La distance du spectateur aux modèles et la distance des modèles au tableau, la hauteur de la ligne d'horizon et la position du point principal sur cette ligne sont laissées au choix des candidats sous les réserves suivantes : 1° L'entablement sera représenté dans une position quelconque, c'est-à-dire qu'il ne formera, avec le tableau, ni un angle de 45°, ni un agle de 90° ; — 2° Les moulures supérieures de l'entablement seront au-dessus de la ligne d'horizon ; — 3° Le piédouche sera placé sur le sol en avant de l'entablement ; l'axe de cet objet sera vertical ; — 4° La figure perspective de l'entablement couvrira au moins le tiers d'une feuille grand-aigle.

Ombres. — On déterminera les ombres des objets représentés (ombres propres et ombres portées). La direction des rayons lumineux est laissée au choix des candidats. (Le modèle choisi comme entablement corinthien était celui de la collection officielle des Lycées, Collèges et Ecoles normales, portant sur le catalogue de l'Ecole des Beaux-Arts les numéros 2825 (architrave et frise 34 fr.), 2826 (corniche, 1re partie, 38 fr.), 2827 (corniche, 2e partie, 68 fr.). — Le piédouche peut être pris quelconque).

Session de 1883. — Premier degré.

1° Relevé géométral. — *Même énoncé que ci-dessus.* — Les modèles étaient : un entablement dorique (nos 2769 et 2770, prix 41 fr. 25, du catalogue des Beaux-Arts) et un vase. Ce dernier devait être placé sur l'entablement.

2° Epreuve de perspective. — *Même énoncé qu'en* 1882 *et même modèle que pour le relevé géométral* (*Entablement dorique*) *et vase.*

Même session. — Degré supérieur.

Epreuve de perspective. — *Même énoncé qu'en* 1883. — Les modèles étaient : un ordre dorique (numéros 2768, 2769, 3770, prix 60 fr.) et un vase. Le vase, dont l'axe devait être vertical, devait reposer sur l'entablement.

Session de 1884. — Premier degré.

1° Relevé géométral. — *Relevé d'un tombeau lycien.* (Quantin, édr, rue Saint-Benoist, Paris). — On donnera : 1° Un plan entre les traverses inférieures du monument ; les saillies situées au-dessus de la section seront projetées ; — 2° Une élévation de face ; — 3° Une élévation latérale ; — 4° Une coupe entre les montants du tombeau ; les saillies situées derrière la section seront projetées. — On déterminera les ombres du modèle, les rayons lumineux étant supposés parallèles à la diagonale d'un cube. — Ces tracés porteront l'échelle à laquelle ils seront exécutés ; ils devront couvrir une feuille demi grand-aigle.

2° Epreuve de perspective. — *Mettre en perspective un tombeau lycien et un fragment de colonne égyptienne* (Quantin, édr). — La distance du spectateur aux modèles et la distance des modèles au tableau, la hauteur de la ligne d'horizon et la position du point principal sur cette ligne sont

laissées au choix des candidats, sous les réserves suivantes : 1° La face principale du tombeau sera parallèle au tableau ; — 2° L'entablement sera au-dessus de la ligne d'horizon ; — 3° Le fragment de colonne sera incliné et aura son axe compris dans un plan perpendiculaire ou parallèle au tableau ; ce fragment sera disposé de façon à ce qu'il n'oppose pas d'obstacle à la vue du tombeau. — On indiquera les lignes de construction nécessaires pour vérifier la justesse des tracés. — La figure perspective du tombeau couvrira au moins le tiers d'une feuille demi grand-aigle.

Ombres. — On déterminera les ombres des objets représentés ; les rayons lumineux seront supposés en avant du tableau, l'inclinaison de ces rayons est laissée au choix des candidats.

Même session. — Degré supérieur.

Epreuve de perspective. — *Mettre en perspective un tombeau lycien et un fragment de colonne égyptienne.* — La distance du spectateur aux modèles et la distance des modèles au tableau, la hauteur de la ligne d'horizon et la position du point principal sur cette ligne sont laissées au choix du candidat, sous les réserves suivantes : 1° Le tombeau formera avec le tableau un angle quelconque, c'est-à-dire que cet angle ne sera ni de 45° ni de 90° ; — 2° L'entablement sera au-dessus de la ligne d'horizon ; — 3° Le fragment de colonne sera incliné et aura son axe compris dans un plan formant un angle quelconque avec le tableau ; ce fragment sera disposé de façon à ce qu'il n'oppose pas d'obstacle à la vue du tombeau. La figure perspective couvrira au moins le tiers d'une feuille grand-aigle. — On indiquera les lignes de construction nécessaires pour vérifier la justesse du tracé perspectif.

Ombres. — On déterminera les ombres propres et les ombres portées des objets réprésentés. Le soleil sera supposé en avant du tableau. L'inclinaison des rayons lumineux est laissée au choix des candidats.

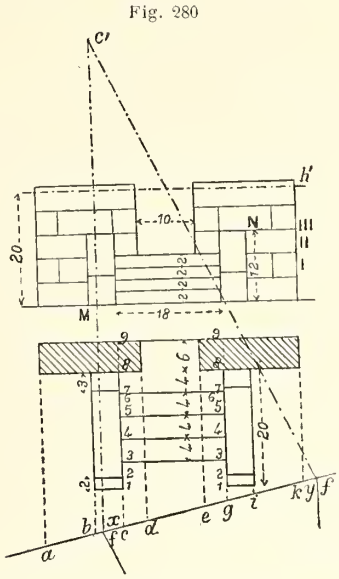
Nous allons expliquer des perspectives faites d'après quelques-uns de ces modèles, ou d'après des modèles analogues.

§ II. — Applications

205. Perspective d'un perron ou escalier extérieur. On sera très bref dans les explications.

(*a*) *Epure* (fig. 280). — 1° Après essais exécutés avec le

Fig. 280



chercheur, on a fait en $o'xy$ un retournement de l'œil et de l'angle optique. 2° On a en f (confondu par hasard avec x) le point de fuite des dominantes de largeur. f étant dans les limites du cadre, on emploiera la méthode des fuyantes accidentelles. 3° On désigne les dominantes de largeur par les lettres $a, b, \ldots k$, et celles de profondeur par les numéros 1, 2 . . . 9. — On prendra deux échelles de profondeurs et ce seront les fuyantes c et g (sur le tableau C et G). 4° La hauteur d'horizon est indiquée en hh' sur l'élévation.

(*b*) *Le petit et le grand tableau* (fig. 281). — 1° Le petit tableau est hxyH'. 2° Le point de fuite accidentel des dominantes est f' confondu avec H' à cause des données spéciales. 3° La distance accidentelle correspondante est mesurée de O en f sur l'épure (fig. 280) et reportée de f' en δ sur la ligne d'horizon (tableau). δ est le point de distance entière de la direction f pour le petit tableau ; ce sera le point de distance réduite pour le grand tableau. 4° On mène les *glissières* fX et f'Y et on les coupe par l'horizontale XY ayant la dimension de cadre que l'on désire pour le grand tableau. L'amplification est donc quelconque ; un peu moins de cinq fois.

(*c*) *Abaissement du géométral.* — On abaisse le géométral en XY' autant que le permet la feuille de papier; et c'est sur le géométral abaissé que l'on fera la perspective du plan ; ce que l'on nomme quelquefois l'*implantation*.

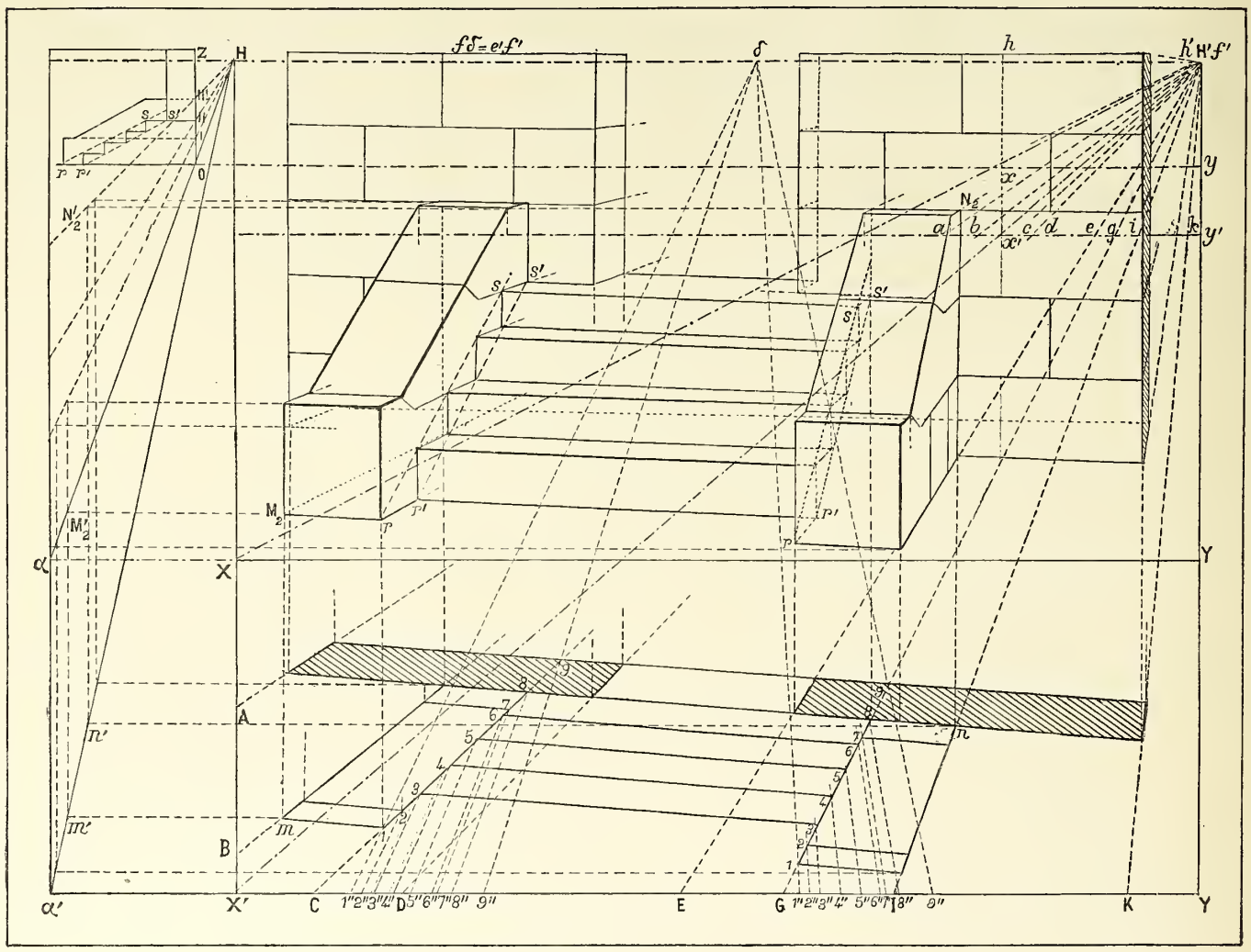
(*d*) *L'implantation* (ou perspective du plan complet sur ce géométral abaissé). — 1° aA, bB, . . . kK sont les dominantes de largeurs ; — 2° On prend les fuyantes C et G comme échelle des profondeurs ; et les points de profondeur 1,2...9 sont obtenus sur elles comme on sait. — 3° On en déduit l'*implantation* complète ; elle se développe bien, grâce à l'abaissement en X'Y' du géométral ainsi qu'à la conservation de la ligne d'horizon, et elle tient entièrement entre les deux horizontales XY et X'Y' ; ce qui fait qu'elle n'encombre pas le dessin définitif qui est au-dessus.

(*e*) *Mise en hauteur.* — 1° A gauche, en Hα', le mur *latéral* auxiliaire pour les reports de hauteurs. 2° En OZ (petit tableau) l'échelle des hauteurs et sur elle en I, II, III, IV les niveaux auxquels (abstraction faite, pour l'instant, des marches de l'escalier) se trouvent les points importants. Sur le mur latéral on trace les fuyantes HI, HII... des différents niveaux.

On achève la mise en hauteur sans s'occuper d'abord des marches ni de l'appareil de la pierre.

(*f*) *Les marches.* — On trace sur chacun des deux murs d'échiffre les lignes théoriques, inclinées, $rs - r's'$... qui passeraient par les arêtes saillantes; après quoi les verticales menées par les points 3, 4 . . . 7 du géométral abaissé achèvent de déterminer les marches.

Fig. 281



(*g*) *Nota.* — Le point de fuite f' des dominantes étant dans les limites de l'épure, on y fixera une règle pivotante et on y fera concourir les nombreuses fuyantes de détail que comporte le dessin (dessus des marches, lignes d'appareil, etc...).

206. Perspective d'un tabouret.

(*a*) *Epure et choix des données optiques.* — La planche 282, donne figure 1, à l'échelle de 0,06 pour 1 mètre, l'*épure*, c'est-à-dire le plan, vu par dessous et la coupe verticale d'un tabouret. Sur le plan on a figuré en *xoy* l'*angle optique tableau* (v. 171). Il est un peu grand ; mais il est à remarquer que l'*angle optique-objet*, c'est-à-dire celui dont les côtés toucheraient le tabouret en D et en B, serait plus petit et dans la dimension convenable.

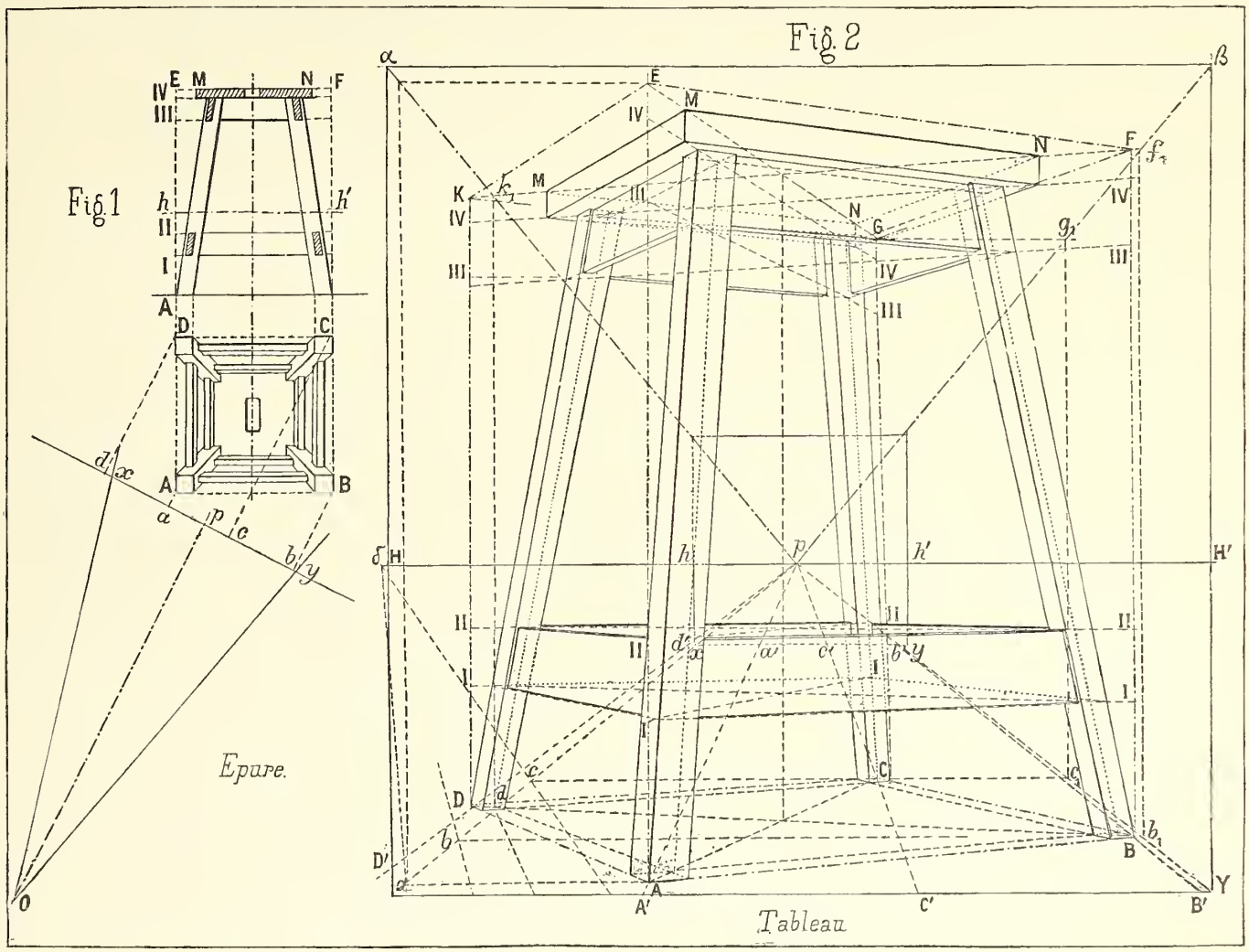
(*b*) *Méthode par épannelage dite : Méthode de la boîte.* — On enveloppera l'objet dans ce que l'on nomme en terme de charpente et de coupe des pierres, un *épannelage*. C'est une sorte de *boîte* ayant la forme d'un prisme à base carrée, ABCD, EF (épure) et c'est cette boîte que l'on va d'abord mettre en perspective en ABCD, EFGK (tableau). Après quoi, en opérant par perspective directe dans *la boîte*, ce qui reviendra toujours à diviser perspectivement des lignes du tableau dans des rapports donnés géométralement sur

l'épure, on placera successivement tous les détails du tabouret.

(*c*) *Perspective de la boîte.* — Le tableau est quadruplé ; *xyhh'* est le petit tableau ; YHH' est le grand tableau. On se sert des fuyantes principales ; *p* (tableau) est le point de fuite principal et δ est le point 1/4 distance ; on a *p*δ (tableau) = *op* (épure). On ne fait pas un abaissement du géométral ; la place manquerait pour cela et, d'ailleurs, n'ayant à mettre en perspective que les quatre points ABCD, cet abaissement, qui est presque indispensable lorsque le dessin est compliqué, est inutile dans le cas actuel. Pour la mise en hauteur Yβ (tableau) est égal à 4 fois la hauteur HE (épure) du tabouret.

(*d*) *Mise en place des détails.* — *Enrayures.* — On divise

Fig. 282



(tableau) les verticales de la boîte en parties proportionnelles aux hauteurs I, II, III et IV de l'épure, et on joint les points opposés de même niveau. On obtient ainsi quatre couples de diagonales dont les intersections doivent se trouver sur une même verticale. En charpente les sections horizontales faites ainsi à des niveaux bien choisis se nomment des *enrayures* ; nous accepterons cette expression.

Dans l'enrayure supérieure K, on divise perspectivement les diagonales dans le rapport donné (épure) en EMNF ; on en déduit (tableau) en MMNN le dessus de la tablette du tabouret et par des verticales, sur l'enrayure IV, le dessous de cette même tablette.

Dans l'enrayure IV et dans l'enrayure inférieure D, on divise soit les diagonales, soit les côtés, dans les rapports donnés par les bases supérieures et inférieures des montants ; après quoi on trace ceux-ci : les traverses horizontales se placent ensuite de la même manière, en les rattachant aux montants.

(*e*) *Remarque générale.* — On voit, et cela est très important à considérer, que nous procédons *mathématiquement* par la perspective linéaire comme nous le ferions *à vue*, par la pers-

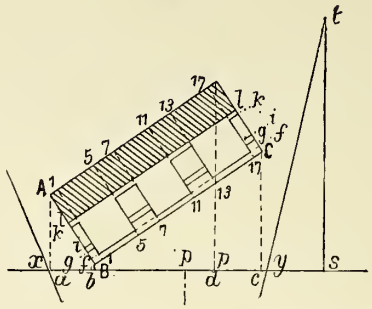
pective d'observation ; mais l'enchaînement des *constructions*, dans le premier cas est le même que celui des *observations* dans le second. En un mot : *on dessine* toujours, c'est-à-dire que l'on coordonne les opérations et que l'on subordonne les détails à l'ensemble.

Il est à remarquer aussi que même en perspective linéaire, quand on en arrive aux détails, la division en parties perspectivement proportionnelles à des longueurs géométralement données peut et doit se faire à vue d'œil. Pour tout dire : la géométrie, avec toute sa rigueur, est admirable pour les grandes mise-en-place ; mais vouloir l'appliquer pour les moindres détails serait absurde ; en dernière analyse c'est l'œil qui doit agir et le perspecteur qui n'est pas doublé d'un bon dessinateur n'arrivera jamais à produire des travaux ayant une réelle valeur.

207. Perspective de denticules.

(*a*) *Données.* — Les figures 283 et 284 donnent, à l'échelle de $0^m,06$ pour 1 mètre, le plan, l'élévation et le profil de trois denticules du Temple de Castor et Pollux, à Rome. Ce fragment fait partie de la collection des modèles officiels français.

Fig. 283



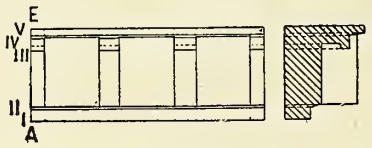
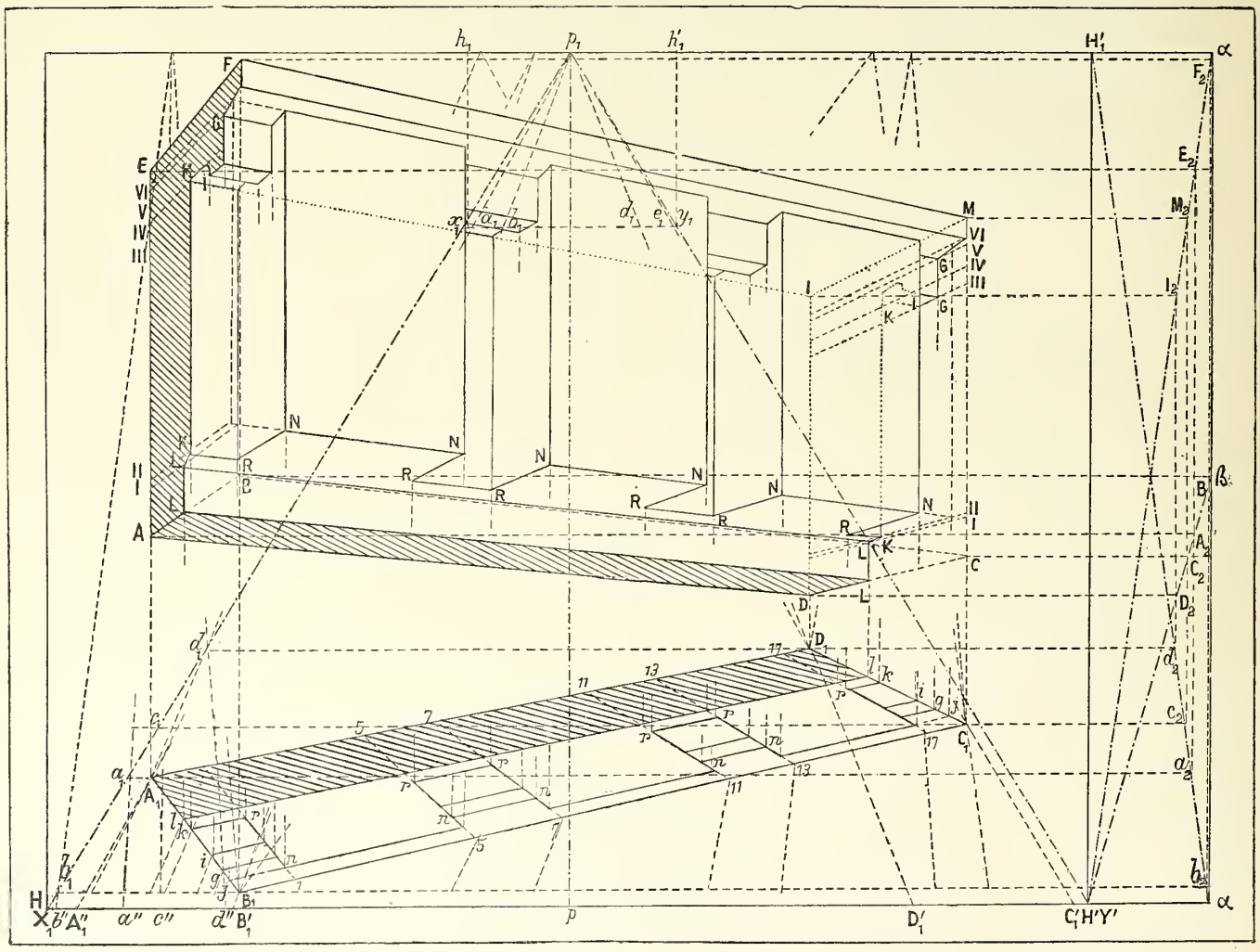


Fig. 284

Fig. 285



Les denticules appartiennent généralement à des corniches et, par conséquent, sur le monument, ils sont vus par

dessous ; on se propose de donner une perspective qui fasse apparaître ce fragment dans ces mêmes conditions optiques ; nous obtiendrons alors ce que l'on nomme une *vue de dessous* (1) :

On voit (fig. 283) le tableau en xy et on n'a pas figuré les côtés de l'angle optique-tableau. Le point principal, qui d'ailleurs n'est pas marqué sur la figure, serait au milieu de xy. Quant à la distance principale elle serait égale à deux fois xy, c'est un peu grand ; mais pour l'angle optique-objet qui est toujours plus petit que l'angle optique-tableau cela ferait au moins deux fois et demie la largeur, ce qui est convenable.

(*b*) *Perspective du plan.* — Nous commençons (fig. 285) par utiliser toute la feuille dont nous disposons pour faire, du plan de l'objet, une perspective présentée aussi à vol d'oiseau que possible, sans nous inquiéter, tout d'abord, de l'élévation que nous en déduirons. A cet effet, on voit en x_1y_1 le petit tableau et en X_1Y_1 le grand tableau, fait aussi grand que possible sans nous préoccuper de savoir si le rapport d'amplification est commensurable ou non. En $A_1B_1C_1D_1$ obtenu comme à l'ordinaire, on voit la perspective du rectangle qui enveloppe le plan. Les détails du plan sont ensuite obtenus, par perspective directe, en divisant *perspectivement* les côtés du rectangle perspectif comme sont divisés, *géométralement*, ceux du rectangle de l'épure. On obtient ainsi (tableau) les points 1, 5, 7... et j, g, i, k.... que l'on joint ensuite comme il convient.

(*c*) *Perspective de la masse de l'élévation.* — Il s'agit maintenant de déduire de ce plan perspectif une élévation qui soit placée aussi haute que possible. A cet effet :

1° Ce qui en X_1Y_1 était le bord inférieur du tableau, nous en avons fait la ligne d'horizon HH' ;

2° Sur un mur vertical fuyant auxiliaire $\alpha\alpha_1$ situé à droite, nous avons pris en α, le plus haut possible, le niveau du dessus du denticule et en β celui du dessous. La hauteur $\alpha\beta$ (tableau) est la hauteur EA de la figure 284, amplifiée dans le rapport général d'amplification ;

3° Nous avons obtenu (tableau), en ABCD — EFMI, par la méthode ordinaire, la perspective de la *boîte d'épannelage* du denticule.

(*d*) *Détails.* — Pour les détails : 1° nous déterminons d'abord les horizontales d'enrayures I, II, III.... VI, sur chacune des faces latérales de la boîte et, en nous aidant du plan perspectif, nous en déduisons un profil de gauche et un profil de droite ;

2° Nous joignons les points correspondants de ces profils et nous obtenons la moulure lisse, figurée comme si les denticules n'étaient pas encore sculptés dans le larmier auquel ils appartiennent ;

(1) On a une *vue de dessous* lorsque la ligne d'horizon est en dehors et au-dessous de l'objet représenté ; on a une *vue de dessus* lorsqu'elle est en dehors et au-dessus et une *vue de niveau* lorsqu'elle est comprise dans ses limites, supérieure et inférieure.

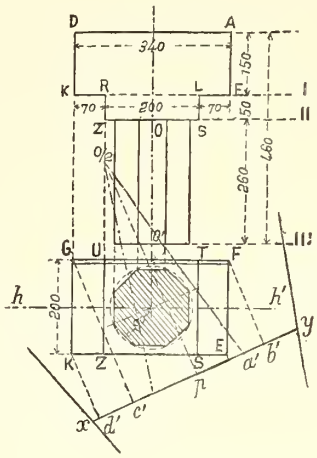
3° Les denticules s'obtiennent ensuite à l'aide de verticales partant des points voulus du plan perspectif.

(*e*) *Remarque.* — Ici encore nous avons opéré mathématiquement comme l'eût fait un dessinateur qui copierait, à vue, le modèle proposé et cela prouve une fois de plus, qu'en dessin, la méthode est *une*.

208. Perspective d'une colonne prismatique.

(*a*) *Données.* — Le motif proposé appartient à la collection composée par M. Chipiez. Il reproduit un fragment de colonne du tombeau de Beni-hassan (Egypte). L'épure

Fig. 286



(fig. 286) donne l'élévation et le plan ; elle fait connaître en xy la position du tableau et celle de l'angle optique. En 0/2 on a fait une réduction à moitié et un retournement du triangle optique de sorte que $p0/2$ donne la demi-distance à l'échelle de l'épure.

On s'imposera, comme pour l'exemple précédent, de donner une vue par dessous et l'horizon sera placé aussi bas que le permettra la feuille de papier.

(*b*) *Le géométral plafond.* — 1° On trace en $hh'x'y'$ le petit tableau ; mais on remarquera que le bord $x'y'$ est placé au-dessus et non plus au-dessous de l'horizon. On dit que le géométral est *plafonnant*. On le nomme alors un *plafond*.

2° En menant les glissières px' et py', on en déduit, en HH'XY, le grand tableau ; il est ici, exactement, quatre fois plus grand que le petit tableau. Sur l'épure on prend la longueur $p0/2$; on la double et on porte (tableau) cette longueur *doublée* de p en D/4 sur l'horizon.

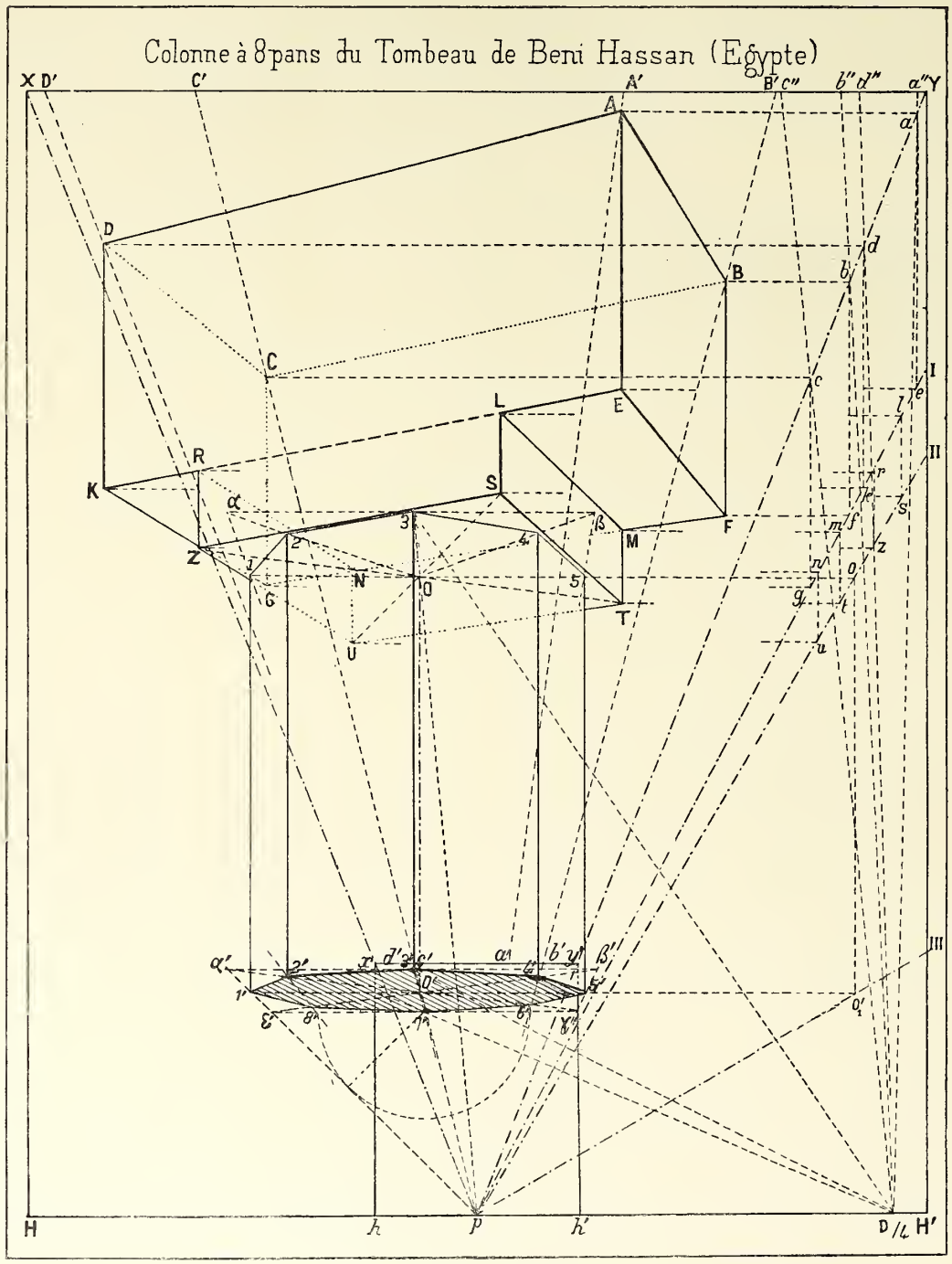
3° On suppose que le plafond XY coïncide avec le dessus du chapiteau ; on s'en sert comme d'un géométral terrestre et on obtient, en utilisant les quarts de profondeur, Ya'', a'', b'', c'' et le point quart de distance D/4, la mise en place ABCD du rectangle perspectif qui constitue le dessus du chapiteau.

(*c*) *Perspective de l'élévation.* — 1° Sur le côté droit, en

YH′ on porte en I, II, III les niveaux des enrayures en les prenant sur l'épure et en les quadruplant.

2° On en déduit en KEFG la base inférieure de l'abaque du chapiteau et en divisant perspectivement les lignes KE et GM comme l'indique géométralement l'épure on en déduit le carré perspectif RLMN et sur l'enrayure n° II, au-dessous, le carré perspectif ZSTU. On mène les diagonales de ce dernier et on en déduit l'axe OO′ de la colonne.

Fig. 287



3° Pour obtenir la colonne on trace sur les mêmes diagonales ZT et US un second carré perspectif répondant à celui dans lequel (épure) est inscrit l'octogone, et ensuite, dans ce carré perspectif l'octogone lui-même. Cela revient toujours, en dernière analyse, à diviser perspectivement des lignes droites dans un rapport donné.

4° Pour finir, dans l'enrayure n° III, on cherche de la même façon, d'abord le carré du bas, puis ensuite l'octogone

perspectif inscrit qui constitue la base inférieure. Le reste s'achève facilement.

(*d*) *Remarque.* -- Comme nouveauté, dans cet exemple il y a : 1° L'emploi d'un plafond, au lieu d'un géométral proprement dit ;

2° Les mises en hauteur successives des diverses enrayures faites en prenant comme départ la plus grande et la plus simple d'entre elles ABCD. Cela suffit à montrer la souplesse des méthodes de la perspective.

§ III. — Perspective immédiate

209. Position de la question.

(*a*) *Définition de la perspective immédiate.* — On connaît, d'une part, un objet, dans ses dimensions vraies, par sa représentation géométrale (plan, élévation, coupe et détails). D'autre part, on se donne un tableau par sa ligne d'horizon, par son point principal et par son point de distance, réduit ou entier ; en un mot, on définit exactement la position du spectateur. Enfin, dans ce tableau, on se donne en position et en grandeur perspectives, une ligne que l'on admet être la représentation d'une ligne qui, appartenant à l'objet, suffirait à le déterminer complètement. Tel serait, par exemple, l'axe d'un vase, l'axe d'un chapiteau, l'axe d'un baquet, analogue à celui que nous allons représenter ; tel pourrait être encore le côté d'un cube astreint à reposer sur un plan donné, etc., etc... ; la question peut se présenter de mille manières différentes.

Avec ces données, géométrales d'une part et perspectives de l'autre, on se propose d'achever sur le tableau donné la représentation perspective de l'objet que l'on connaît.

(*b*) *Son utilité.* — Ce problème est spécialement utile aux peintres et aux décorateurs lorsqu'ils composent et surtout lorsqu'ils parachèvent un tableau. En effet : lorsque le peintre fait l'esquisse de sa composition il place, tout d'abord de sentiment et avec la préoccupation presque exclusive d'obtenir l'effet qu'il conçoit, les accessoires de son tableau tels que les murs, les portes ou les fenêtres d'une salle, les principaux meubles et en particulier les tables. Lorsque son esquisse a pris corps et qu'il veut la rendre tout à fait vraisemblable il précise alors l'horizon, le point principal et la distance. Nous verrons plus loin comment il arrive à cela en faisant ce que l'on appelle une *restitution perspective* et en résolvant ce que nous nommerons le *problème inverse de la perspective.*

Avec les données optiques ainsi précisées, le peintre peut alors, comme on dit : « *recaler* » les lignes de son esquisse, c'est-à-dire les faire concorder perspectivement, arriver à ce qu'elles représentent bien exactement ce qu'il veut et faire qu'elles ne « *dansent* » plus. Mais il peut désirer aussi *meubler* son tableau ; placer ici tel vase, tel siège, ou tel détail qu'il connaît, c'est-à-dire, graphiquement parlant, dont il possède la représentation géométrale.

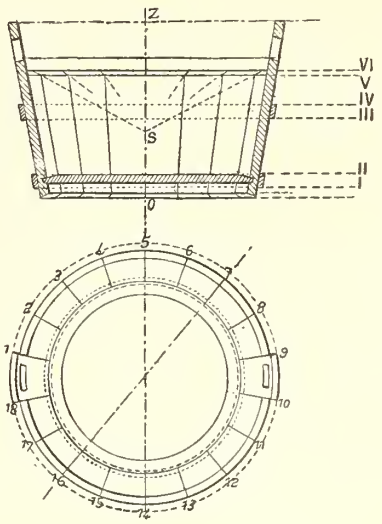
C'est bien là le problème de la perspective immédiate tel que nous venons de le définir.

210. Application à la perspective d'un baquet.

(*a*) *Données.* — 1° On se donne (fig. 288) un tableau par sa ligne d'horizon *hh'*, par son point principal P et par son point 1/3 distance, D/3. Dans ce tableau on prend une verticale limitée de O en Z, et cette ligne OZ sera la perspective de l'axe d'un baquet dont le géométral va être donné ci-après.

2° On possède (fig. 289) par un plan et par une coupe, le géométral du baquet ci-dessus ; OZ est l'axe de cet objet.

Fig. 289



3° On demande, avec ces données, de mettre le baquet en perspective immédiate, en supposant, pour préciser l'orientation de l'objet, que la ligne 7-16 du géométral (fig. 289) soit de front sur le tableau.

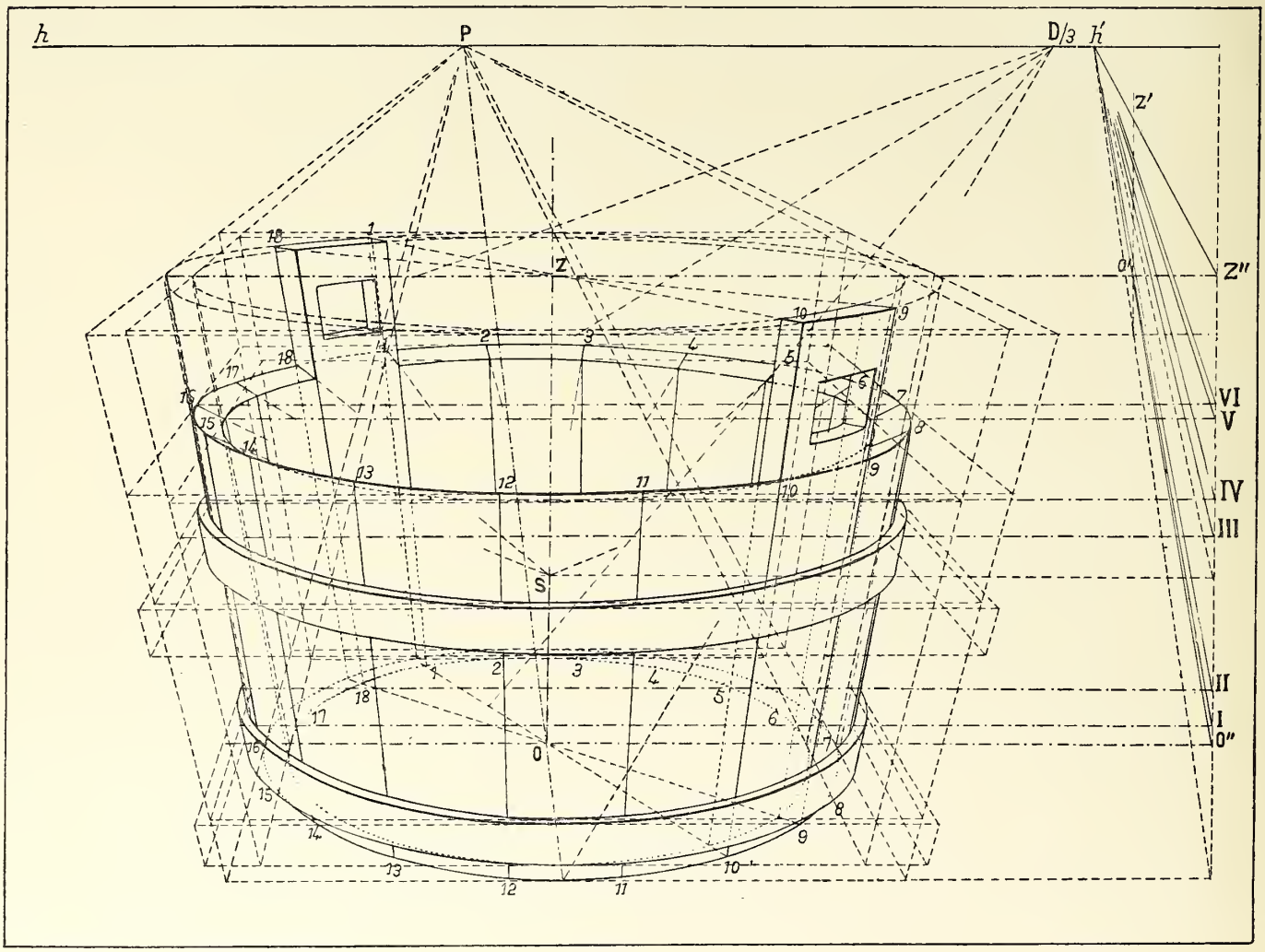
(*b*) *Perspective des ensembles.* — 1° On reporte de front (tableau) la verticale OZ en O''Z'' sur un mur vertical fuyant ; on joint *h'*Z'' et *h'*O'' et, dans l'angle ainsi formé, on inscrit une verticale O'Z' ayant la longueur de OZ de l'épure (fig. 289) ; O'Z' est l'échelle des hauteurs et son plan de front est le plan de front des vraies grandeurs (lisez : des grandeurs de l'épure). 2° Sur O'Z' on reporte les niveaux I, II, ..., VI des *enrayures*, niveaux pris sur l'épure. 3° Dans l'enrayure supérieure de niveau Z, on construit (v. n° 180) le carré perspectif dont le centre sera le point Z et dont le diamètre sera celui du cercle supérieur du baquet, mais, *amplifié à l'échelle du plan de front* O''Z''.

Cette amplification, et toutes celles qui vont suivre, sont faciles à faire puisque le rapport d'amplification est $h'Z' : h'Z''$. 4° Dans l'enrayure inférieure, de niveau O, on opère de même, mais avec le carré plus petit donné, sur l'épure, pour la base du baquet. 5° On opère de même pour l'enrayure VI qui limite les douves du baquet, non compris les douves dépassantes qui servent de poignées.

(*c*) *Boîtes d'épannelage.* — Le croquis ci-contre montre comment on a enveloppé les solides tronconiques de l'objet par des boîtes d'épannelage, en forme de troncs de pyramides, beaucoup plus faciles à représenter.

(*d*) *Détails.* — 1° On a pris deux des carrés d'enrayures, le carré de niveau VI et celui de niveau O, et dans chacun d'eux, à l'aide d'échelles circulaires divergentes construites sur 18 points, car il y a 18 douves, on a mis en place les points voulus des cercles extérieurs. On a eu soin de placer

Fig. 288



les points 7 et 16 sur les diamètres de front, ainsi que cela était demandé.

2° Après quoi les cercles extérieurs ont été tracés en joignant par une ellipse les points situés au même niveau et les joints des douves l'ont été, en réunissant par des droites les points qui se correspondent à des niveaux différents.

3° Les cerces en fer qui servent à consolider le baquet ont ensuite été tracés par la méthode des huit points, en inscrivant des ellipses dans les carrés perspectifs qui les enveloppent; il en est de même pour les cercles intérieurs.

4° Les poignées sont obtenues en prolongeant les douves 1-18 et 9-10 jusqu'au cercle supérieur et les entailles de ces poignées sont tracées en exécutant des divisions perspectives proportionnelles à celles du géométral.

5° Le point S du géométral est reporté perspectivement sur l'axe en S (tableau) ; on fait converger en ce point les joints qui apparaissent sur le cône en creux formant la limite supérieure du dessus des douves.

(*e*) *Remarque.* — Ces constructions, qui paraissent compliquées, ne sont rien pour celui qui sait suffisamment dessiner à vue et qui a pris l'habitude de voir dans l'espace. Le point délicat consiste à savoir passer de l'échelle O'Z' du plan de front des vraies grandeurs à celle d'un plan de front quelconque tel que O''Z''.

La perspective immédiate n'est qu'une partie de la *perspective directe dans l'espace*, étudiée au chapitre suivant.

CHAPITRE VIII

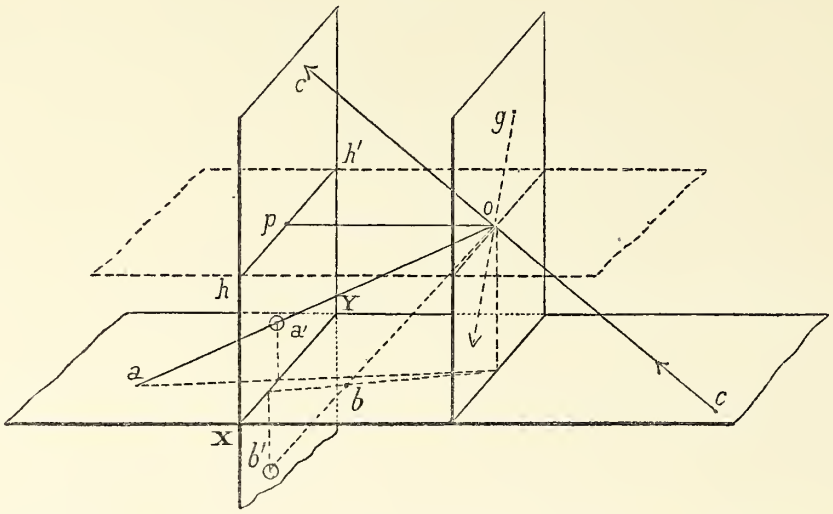
PERSPECTIVE DIRECTE DANS L'ESPACE

§ I. — Problèmes généraux

211. Représentation perspective d'un point du géométral.

De même que pour le géométral, nous avons à donner des méthodes permettant de résoudre directement des problèmes sur des figures déjà mises en perspective par les procédés généraux. Il importe, d'abord, d'être fixé sur la position perspective d'un point du géométral suivant que ce point est situé : 1° dans la partie réelle (c'est-à-dire au-delà du tableau) ; 2° dans la partie intermédiaire (entre le tableau et le plan de front du spectateur ou plan neutre) ; 3° dans le plan neutre ; 4° dans la région virtuelle (c'est-à-dire en arrière du plan neutre).

Fig. 290



La figure 290 montre tous ces cas.

1° Le point a est dans la région réelle ; sa perspective a' (voir le tableau fig. 291) est au-dessous de l'horizon, mais au-dessus de la ligne de terre XY, ou base de tableau.

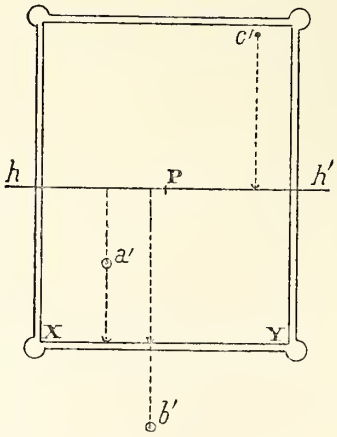
2° Le point b, dans la région intermédiaire, a sa perspective b' située au-dessous de la ligne de terre en dehors du cadre.

3° Le point g, situé dans le plan neutre, aurait sa perspective à l'infini.

4° Enfin, le point c, situé dans la région virtuelle, a une perspective c' tout à fait de convention, puisque le rayon visuel co, passe par l'œil avant de percer le tableau : Aussi dit-on que c'est un *point virtuel*.

Nous aurons, pour les problèmes d'ombre, à faire usage de points virtuels analogues au point c'. — Sur le tableau (fig. 291), la perspective c' se trouve au-dessus de l'horizon.

Fig. 291

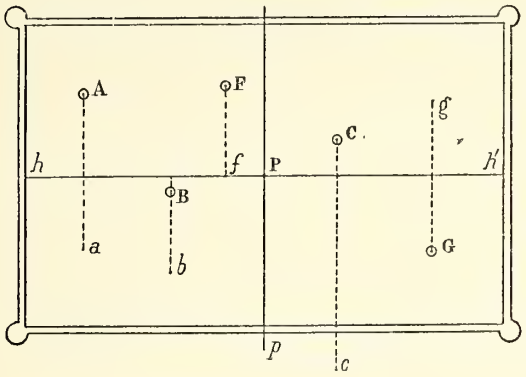


Il y a dans ce cas un *renversement* apparent des positions occupées par le point c et par sa perspective, renversement avec lequel il faut se familiariser. Ainsi le point c est au-*dessous* du plan d'horizon, sa perspective c' se tient au contraire au-*dessus*. — Le point c était *à gauche* du point de vue o; sa perspective c' se trouve au contraire *à droite* du point principal P.

212. Perspective d'un point de l'espace (fig. 292).

Un point, pour être bien déterminé, doit être donné sur un tableau par sa perspective propre A, et par sa perspec-

Fig. 292



tive géométrale a, c'est-à-dire par la perspective de sa projection a sur le géométral. Par conséquent nous désignerons toujours un point par deux lettres ; la grande lettre s'appliquera au point lui-même, dans l'espace, et la petite lettre à sa projection géométrale. Ainsi :

1° Aa représente un point dans l'espace réel : le point A est situé au-dessus de l'horizon. Je reconnais que A est dans l'espace réel parce que son géométral a est entre l'horizon et la ligne de terre qui est le bord inférieur du tableau.

2° Bb est aussi un point réel, mais B est placé au-dessous de l'horizon.

3° Ff est un point situé à l'infini : On le reconnaît à ce que son géométral f est placé sur l'horizon, c'est-à-dire à l'infini. F sera donc un point de fuite aérien (v. n° 142).

4° Cc est un point de l'espace intermédiaire. Il est au-dessus de l'horizon.

5° Gg est un point virtuel : On le reconnaît *à priori*, à ce que son géométral g est au-dessus de l'horizon.

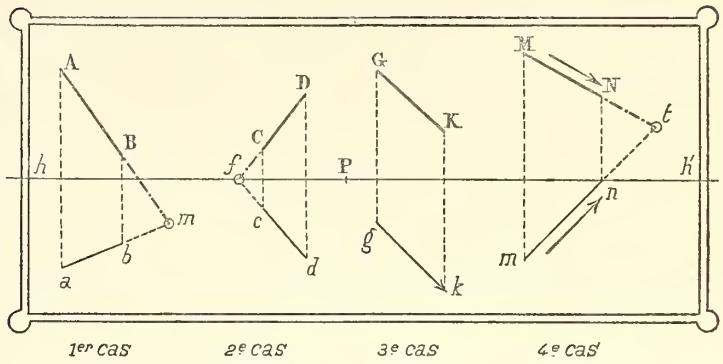
Le point G est donc situé derrière le spectateur. Pour mieux juger encore de sa position on dira :

G apparaît, en perspective, à *droite* de la verticale principale Pp. Donc, en réalité, à cause du renversement, le point G de l'espace est à *gauche* du spectateur. La perspective G est au-*dessous* de l'horizon ; donc, toujours à cause du renversement, le point de l'espace est au-*dessus* du plan d'horizon.

213. Perspective d'une droite. — Recherche de sa trace géométrale (fig. 293).

Il suffit de prolonger la droite de l'espace jusqu'à la rencontre avec la droite qui est sa projection sur le géométral.

Fig. 293



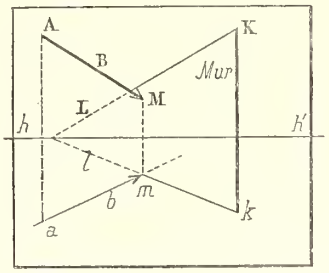
1er cas : droite AB — ab. La trace géométrale m est réelle.

2e cas : droite CD — cd. La trace géométrale est à l'infini en f, sur l'horizon : La droite DC de l'espace est donc horizontale et parallèle, par conséquent, à sa projection géométrale dc.

3e cas : GK de l'espace est parallèle, sur le tableau, à son géométral gk. Or, ce n'est pas une ligne de front ; on le reconnaît à ce que le géométral gk n'est pas parallèle à la ligne d'horizon : on en conclut donc que GK et son géométral gk, loin d'être parallèles dans l'espace, se rencontrent, au contraire, dans le *plan neutre* (v. n° 142).

4e cas : Droite MN — mn. La trace est virtuelle, et obtenue en t : ce qui veut dire que la droite perce le géométral en *arrière* du spectateur ; et, de plus, comme t apparaît à *droite* du point principal P, le point t de l'espace, en vertu du renversement des figures virtuelles, est en réalité à *gauche* et en arrière du spectateur.

Fig. 294



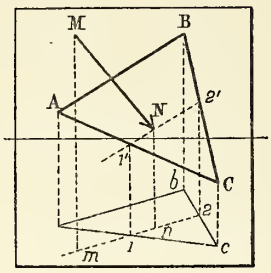
214. Problème 1 (fig. 294). — **Trouver l'intersection d'une droite** AB-ab **et d'un plan vertical** KLk (**un pareil plan se nomme un mur**).

Un mur se projette géométralement tout entier suivant sa trace géométrale kl. Par conséquent, en relevant par

une verticale le point m (où la droite en géométral rencontre la trace du mur) en M sur la droite de l'espace, on a le point cherché.

215. Problème 2 (fig. 295). — **Trouver l'intersection d'une droite quelconque** MN-mn **et d'un plan quelconque défini par 3 points** Aa-Bb-Cc.

Fig. 295



(*a*) *Solution.* — 1° Par la droite on fait passer un mur auxiliaire dont la trace géométrale est mn ;

2° On prend en 1, relevé en 1', et en 2, relevé en 2', les intersections de ce mur avec les droites AC et BC du triangle, ce qui donne en 1'2', dans l'espace, l'intersection auxiliaire du mur et du triangle ;

3° Le point Nn où la ligne de l'espace recoupe 1'2' est le point d'intersection cherché.

(*b*) *Remarque.* — Si M étant un point de l'espace, MN-mn était un rayon lumineux, le point N serait l'ombre portée par le point M sur le plan du triangle ABC.

216. Problème 3. — Trouver l'intersection de deux plans (fig. 296).

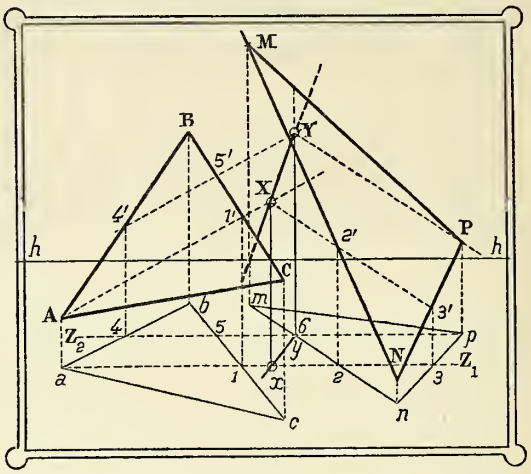
Nous supposons chacun des plans défini par trois points qui sont, sur le tableau, les sommets Aa-Bb-Cc et Mm-Nn-Pp de deux triangles.

(*a*) *Solution.* — On coupe par deux plans de front auxiliaires. Le premier Z_1 donne dans chaque triangle une ligne de front, savoir : a1-A1' dans le premier triangle et 2 3-2'3' dans le second. Ces lignes se recoupent en un point Xx qui est un premier point de l'intersection.

Un deuxième plan de front Z_2 donnera un second point Yy. L'intersection est XY-xy.

(*b*) *Nota.* — Le tracé précédent montre comment on obtient une ligne de front d'un plan quelconque. Elle est

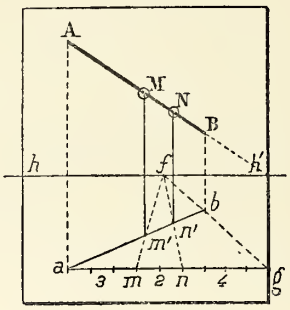
Fig. 296



parallèle à la ligne de fuite (dite encore ligne d'évanouissement) du plan.

217. Problème 4. — Partager une droite de l'espace en parties proportionnelles à des longueurs ou à des nombres donnés (fig. 297).

Fig. 297



(*a*) *Données.* — Soit AB-ab la droite à partager en trois parties qui soient entre elles comme les nombres 3, 2 et 4.

(*b*) *Solution.* — 1° Par le procédé connu on partage aux points m' et n' le géométral ab de la droite dans les rapports donnés (v. 151).

2° On remonte par des verticales des points m' et n' aux points M et N dans l'espace.

§ II. — PERSPECTIVE DIRECTE DES MOULURES RECTILIGNES (1).

218. Moulures d'un piédestal isolé.

Les moulures qui couronnent un édifice ou une partie d'édifice doivent avoir leur perspective bien en rapport avec la masse qu'elles accompagnent ; c'est pourquoi on les met presque toujours en perspective par les méthodes directes, sans revenir à l'épure géométrale et en acceptant, comme

(1) Nous nommerons moulures *rectilignes*, celles dont les surfaces affectent la forme de cylindres, le profil (ou section droite) de ces cylindres étant d'ailleurs quelconque (quart de rond, cavet, talon, doucine....) Les moulures *tournantes* sont celles qui affectent la forme de surfaces de révolution.

bien mises en place, les masses ou épannelages (1) des moulures. Il suffit de connaître à une échelle quelconque le profil exact de la moulure, profil encadré dans son épannelage, pour la mettre ensuite en perspective en employant, comme nous allons le montrer, des échelles divergentes construites spécialement pour chaque cas.

(*a*) *Masses et épannelages.* — Nous supposons d'abord que la masse AA-BB... du piédestal a été mise en perspective (fig. 298) par les méthodes générales, ainsi que l'épannelage ACGD du couronnement et celui BKLQ du soubassement. Ces épannelages affectent ici la forme de parallélipipèdes rectangles. On les comprendra parfaitement en observant sur un édifice en construction les masses de pierre que les appareilleurs livrent aux sculpteurs lorsque le gros œuvre de la construction est terminé.

(*b*) *Profils.* — On se donne (fig. 299), à une échelle quelconque, le profil exact des moulures. Autour de ce profil on trace en A'D'G'C' et en B'K'L'Q' l'épannelage correspondant à celui qui a été mis en perspective.

On prend en 1, 2, 3, 4.... 12 les points importants de ce profil et on les projette sur les côtés du rectangle d'épannelage. On a soin, de plus, de prendre le centre I du rectangle d'épannelage et de le projeter aussi sur les côtés.

(*c*) *Echelles divergentes.* — On construit en S et en T (fig. 299) deux échelles divergentes répondant aux points de division des côtés du rectangle. L'échelle S sera l'échelle des *ordonnées*, ou hauteurs. L'échelle T sera l'échelle des *abscisses*, ou largeurs.

On sait que pour se servir perspectivement d'une pareille échelle il faut trois points, c'est-à-dire trois lignes de repère. Ces trois lignes seront SC'SA' et la ligne milieu SI.

Cela posé, revenons au tableau :

Remarquons d'abord que si l'on coupe une moulure cylindrique par un plan de section droite et par d'autres plans de sections obliques, les sections obliques seront toutes différentes de la section droite ; mais les ordonnées et les abscisses, autrement dit, les hauteurs et les largeurs de toutes les sections resteront proportionnelles entre elles.

La section oblique sera une dilatation en largeur, et quelquefois aussi en hauteur, de la section droite. Par conséquent, pour mettre en place les lignes de la moulure on pratiquera deux sections (droites ou obliques) ; on déterminera dans le rectangle d'épannelage qui leur correspond les points importants du profil et on joindra deux à deux les points ainsi obtenus et qui se correspondent.

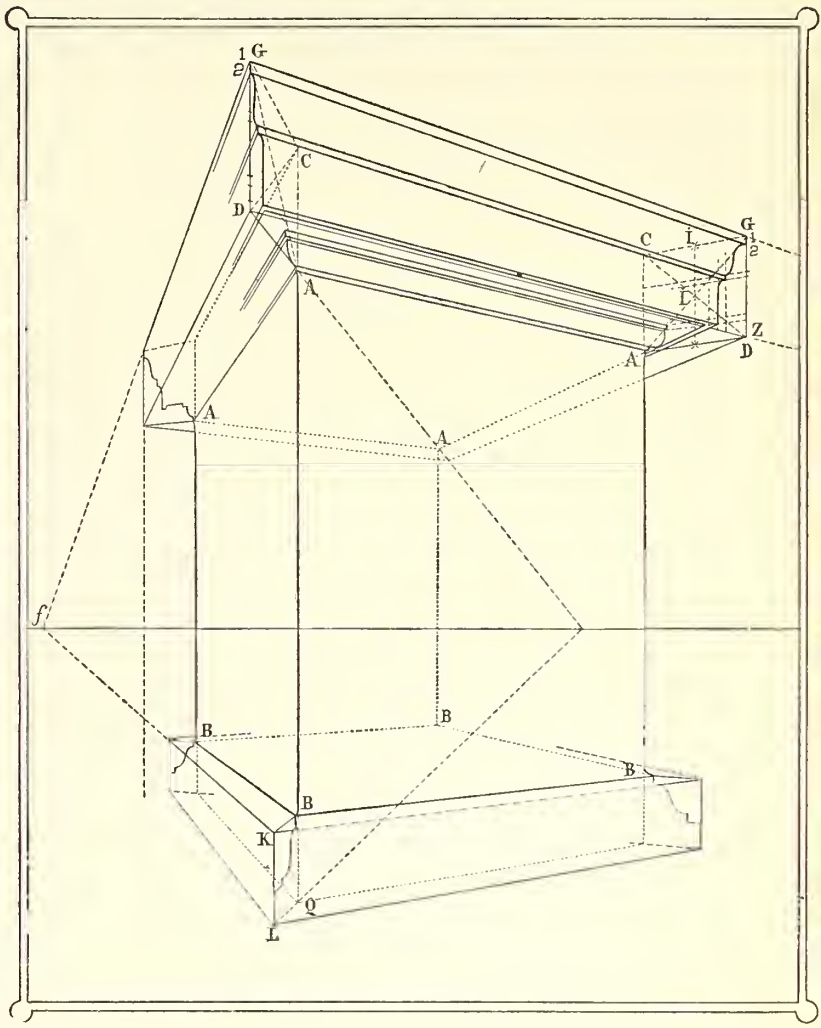
C'est à nous de choisir convenablement les plans de section.

(1) L'épannelage d'une moulure est le bloc de pierre de forme simple, en général, dans l'intérieur duquel on vient ensuite sculpter ou traîner la moulure.

Dans le cas actuel, qui est le cas ordinaire, les moulures se retournent d'une face sur l'autre, par l'intermédiaire d'un plan dit de *retournement*, qui est ordinairement le plan bissecteur du dièdre formé par les deux faces.

On choisira donc ce plan, car les points qu'on y aura placés serviront pour les deux faces.

Fig. 298



L'épure perspective se réalise facilement comme il suit :

(*d*) *Mise en perspective d'un profil de retournement.* — On voit (tableau) (fig. 298) en ACGD l'épannelage du plan de retournement. Les diagonales se croisent en I. On relève à la bande de papier les trois points de repère CIG ; on porte la bande de papier en Z sur l'échelle T des largeurs en s'appuyant sur les trois lignes de repère. On marque les points de division. On reporte la bande de papier sur le tableau et on marque les points.

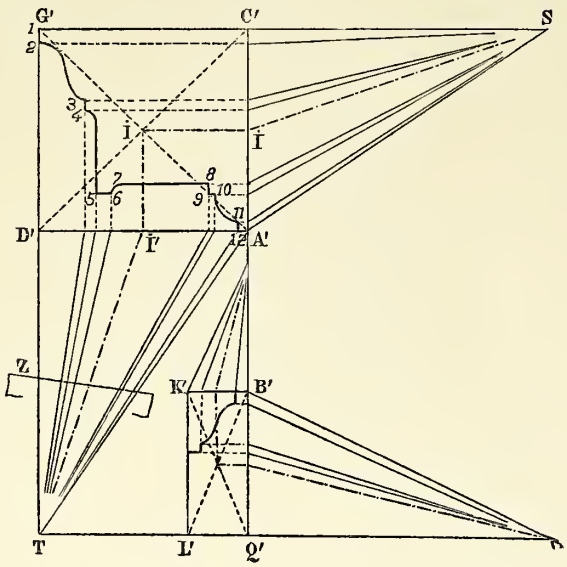
On fait de même pour les hauteurs, d'une part en CA, d'autre part en GD, et on déduit le profil perspectif 1, 2, 3, 4..... (voir en plus grand la figure 300).

Le reste de l'épure se comprend facilement.

(*e*) *Remarque.* — La figure 300 montre, en plus grand, les effets à observer aux environs du retournement.

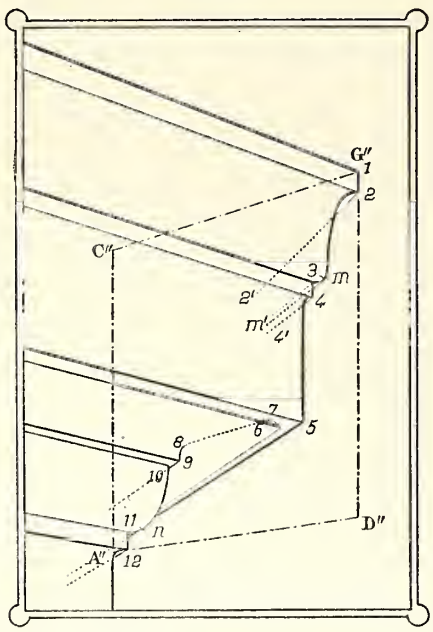
On remarquera particulièrement, en dehors des lignes qui

Fig. 299



aboutissent à des angles, telles que 2 2' - 3 3' - 4 4' ..., etc..., les lignes tangentielles, telles que *mm'* et *n*. Ces dernières sont des lignes de contour apparent.

Fig. 300



On remarquera aussi que les dessous plans et horizontaux, tels que celui qui est compris entre les lignes 5 et 6, doivent se retourner sans accuser de ligne d'intersection dans le plan de retournement.

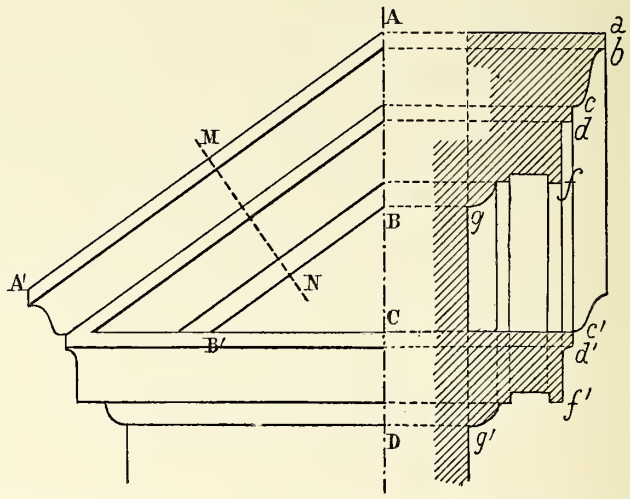
(*f*) *Nota.* — 1° Pour ne pas embrouiller l'épure, le soubassement (fig. 175) ne comporte que les profils de retournement dits encore : *profils d'onglet*, sans indication des constructions qui ont permis de les obtenir. Il resterait à joindre les points qui se correspondent, d'onglet à onglet.

2° Dans la pratique, avec un peu d'habitude, les architectes tracent au sentiment les profils dans les rectangles d'épannelage. Ces profils s'étagent en général sur des lignes droites qui ont des directions faciles à retrouver, car elles partagent les côtés du rectangle dans des rapports qui sont ordinairement très simples. On met en place ces lignes d'étagement et, se guidant sur elles, on trace ensuite au sentiment le profil en perspective ; mais cela demande une certaine habitude du dessin.

219. Moulures d'un fronton rectiligne (fig. 301).

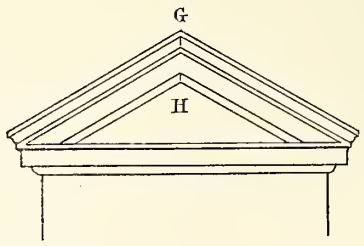
Les frontons droits sont formés par des moulures à arêtes

Fig. 301



parallèles, mais *rampantes*, c'est-à-dire inclinées sur le plan horizontal. Les moulures d'un fronton ne sont autre chose que celles de la corniche que l'on incline en leur gardant la même section droite MN. Une section verticale AB, CD,

Fig. 302



faite à la fois sur le fronton et sur la corniche, donne, sur le fronton, un profil *abcdfg* qui a les mêmes saillies que le profil *c'd'f g'* de la corniche, mais qui possède des hauteurs plus grandes, quoique proportionnelles à celles du profil de la corniche. Autrement dit : la section oblique AB faite sur

le fronton est une dilatation en *hauteur*, de la section droite CD, faite sur la corniche.

Pour mettre un fronton en perspective on établira par les méthodes générales la perspective des lignes extrêmes AA′ et BB′ de son épannelage; puis, on déterminera, comme ci-dessus, deux profils verticaux, tels que AB, ce qui suffira.

On fera bien de choisir le profil vertical GH (fig. 302), suivant lequel se coupent les deux *rampants* du fronton, parce qu'il servira pour chacun d'eux.

Fig. 304

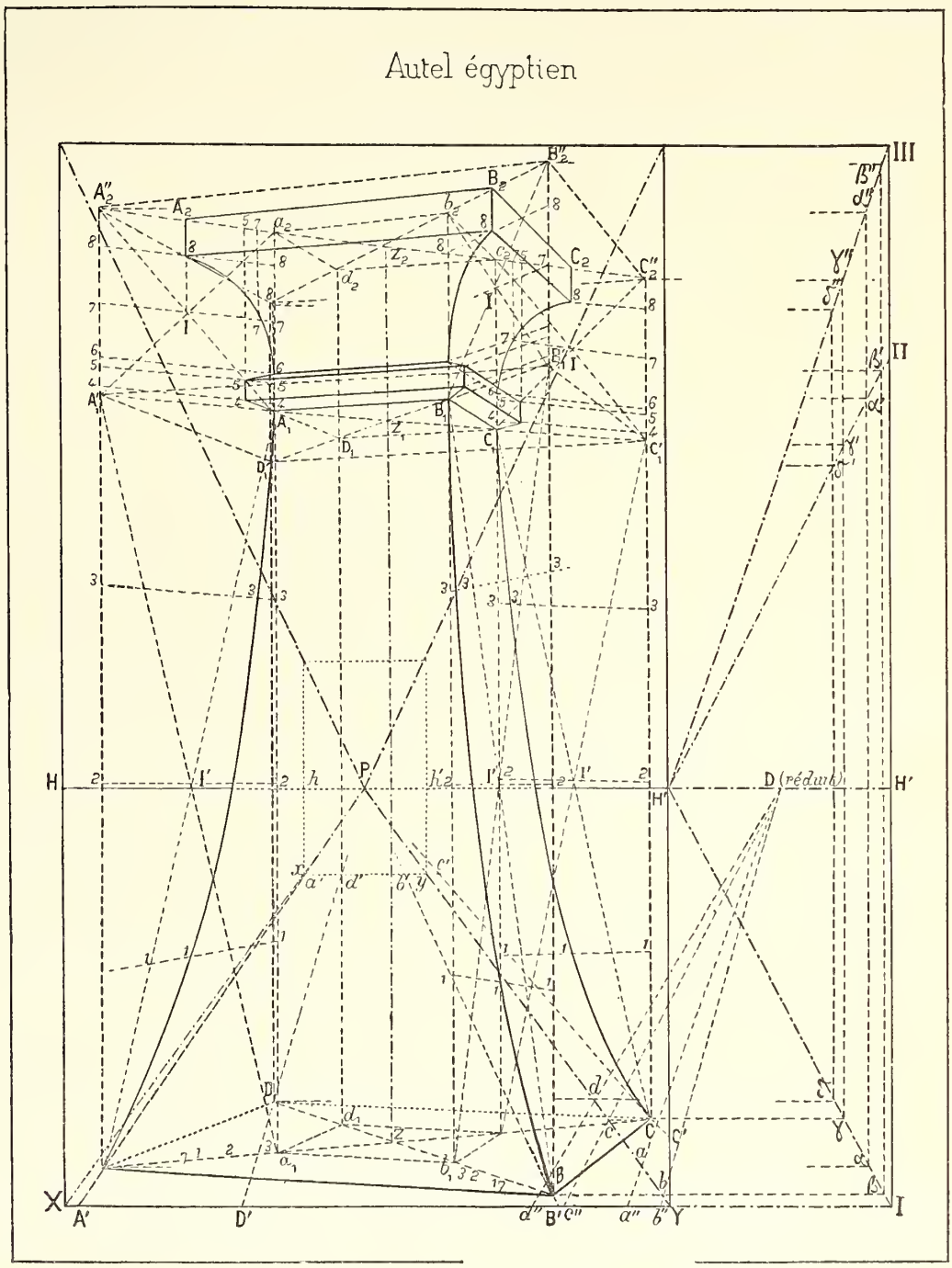
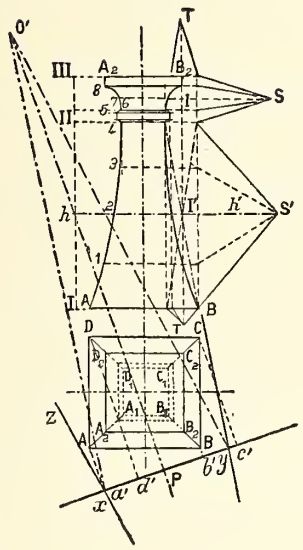


Fig. 303



220. Perspective d'un autel égyptien.

(*a*) *Données.*—Ce modèle appartient à la collection **Chipiez**. La figure 303 donne le géométral de l'objet et la position de l'angle optique. Le tableau (fig. 304) est obtenu par une amplification qui est quelconque, un peu moindre que cinq fois.

(*b*) *Boîtes d'épannelage.* — 1° On inscrit le solide dans une boîte prismatique *extérieure* dont la base est le carré ABCD

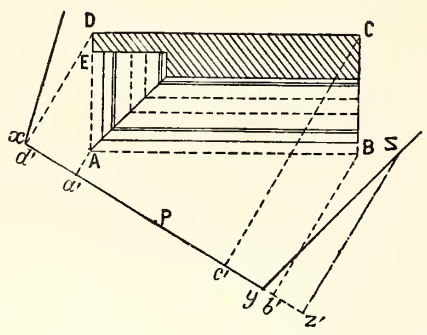
et dans le solide on place une boîte *intérieure* $A_1B_1C_1D_1$ (fig. 303); 2° ces deux boîtes sont mises en perspective (tableau, fig. 304) en ABCD et $a_1b_1d_1$... en se servant des fuyantes principales.

(*c*) *Moulures et profils.* — 1° On a mené les plans diagonaux des boîtes ; 2° sur l'épure (fig. 303) on a pris les points 1, 2, 3, ..., 7 du profil et sur ces points on a construit en S, S′ et T, T′ des échelles divergentes. S et S′ sont des échelles de hauteurs, T et T′ sont des échelles de largeurs ; 3° on opère ensuite dans la partie des plans diagonaux comprise entre les deux boîtes ; on mène les diagonales, ce qui donne en I et I′ (fig. 303) les *repères-milieux* ; on se sert des échelles comme il a été dit plus haut et on obtient les points perspectifs d'onglet 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, ..., qu'il ne reste plus ensuite qu'à joindre.

221. Perspective d'une partie d'ante.

(*a*) *Donnécs.* — Ce modèle appartient à la collection officielle française. On donne l'élévation et la coupe (fig. 306), le

Fig. 305

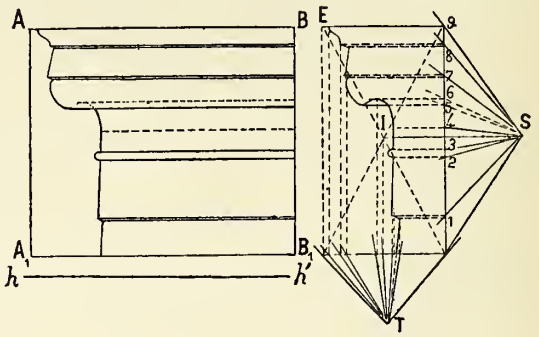


plan et l'angle optique (fig. 305) et on demande d'en faire une *vue de dessous.*

(*b*) *Boîtes d'épannelage.* — Une première boîte extérieure a pour base (fig. 305) le rectangle ABCD ; sa hauteur est celle de l'objet. Une seconde boîte, intérieure, a pour base la partie hachurée de la figure 305 et le solide à représenter est compris entre les deux boîtes. Le tableau (fig. 307) est obtenu par une amplification comprise entre 3 fois et 4 fois. La ligne d'horizon HH′ est en bas, le géométral PXY est *plafonnant* ; les deux boîtes sont mises en perspective comme à l'ordinaire.

(*c*) *Moulures.* — 1° On considérera trois profils : Le premier sur le plan BC (fig. 305), que nous nommerons le *profil libre,* est une section droite ; le second que nous nommerons le *profil adossé* est l'intersection de la moulure de retournement par le mur E : c'est aussi une section droite ; le troisième est le *profil d'onglet* A ; 2° on construira sur le

Fig. 306



profil géométral (fig. 306) une échelle divergente de hauteur S et une échelle de profondeur T ; 3° on mènera sur le tableau (fig. 307) les diagonales des rectangles d'épannelage qui répondent aux trois profils considérés afin d'avoir les *repères-milieux* I et, en se servant des échelles comme il a été dit, on obtiendra les points 1, 2, 3, ... 7, 8 des trois profils ; le dessin s'achève ensuite facilement.

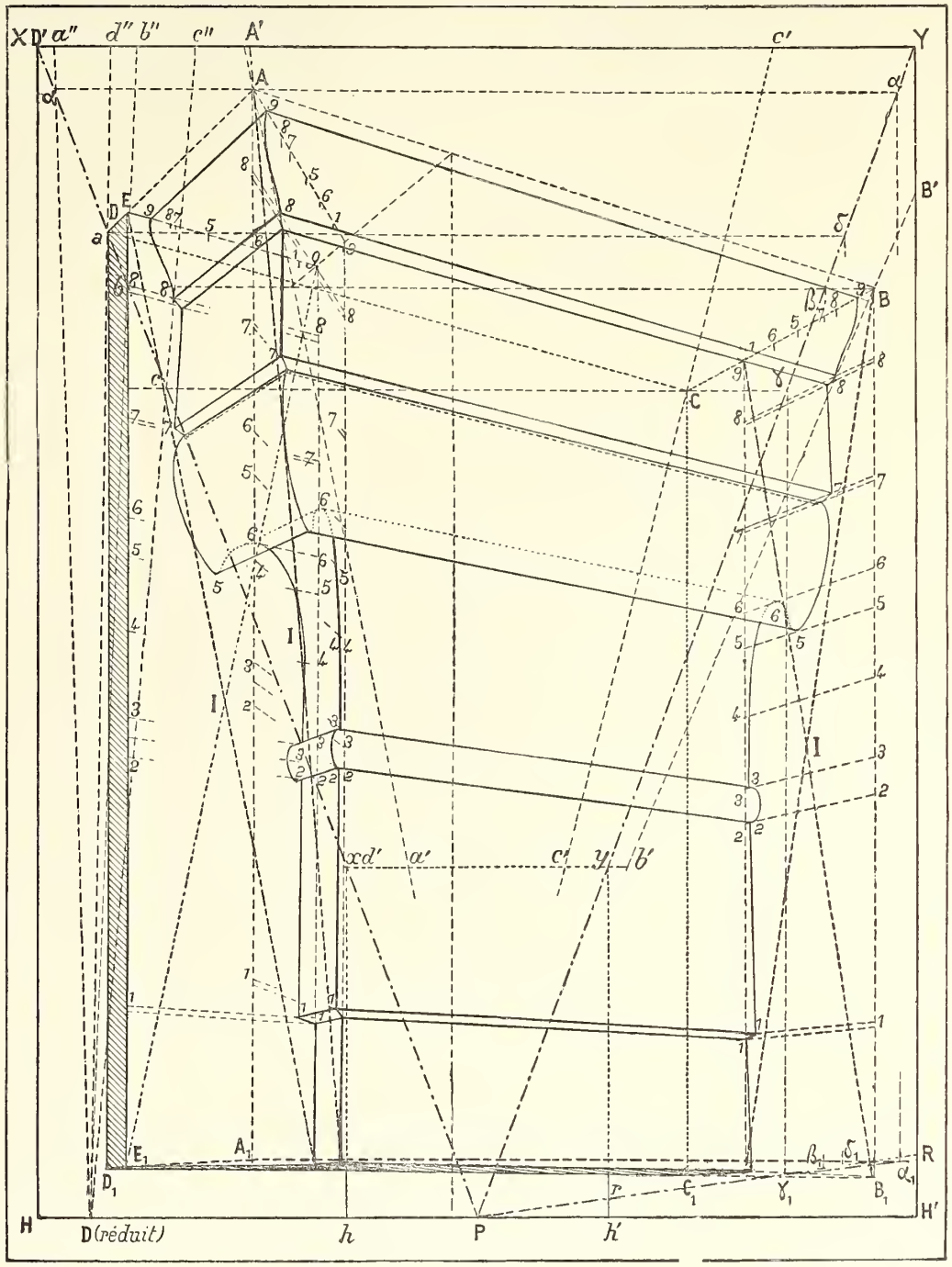
222. Corniche dorique du théâtre de Marcellus, à Rome.

(*a*) *Données.* — Ce modèle appartient à la collection officielle. L'élévation et le profil sont donnés figure 208. La figure 309 fait connaître le plan et la position de l'angle optique.

(*b*) *Nota.* — Le lecteur fera bien d'exécuter lui-même le relevé géométral coté de ce fragment d'architecture ou d'un motif analogue et de le dessiner, ainsi que les échelles divergentes S et T, en beaucoup plus grand que les croquis ci-joints. Ces derniers n'ont pour objet que de montrer la marche à suivre ; ils n'ont pas le caractère de précision qui convient à une épure.

(*b*) *Légende explicative.* — 1° Le tableau est plafonnant. 2° On met en place la boîte d'épannelage très simple ABCD — $A_1B_1C_1D_1$ (fig. 310). 3° Sur les faces de droite et de gauche de cette boîte, dont on a tracé les diagonales, pour

Fig. 307



en avoir le repère milieu I, on fait apparaître les profils, en se servant des échelles divergentes. 4° En joignant les points correspondants de ces profils, on en déduit les arêtes des moulures supposées *lisses*. 5° Sur le larmier secondaire, par un partage en parties égales, on arrive à dessiner les denticules. 6° Sur le dessous du grand larmier (fig. 310), par des

Fig. 308

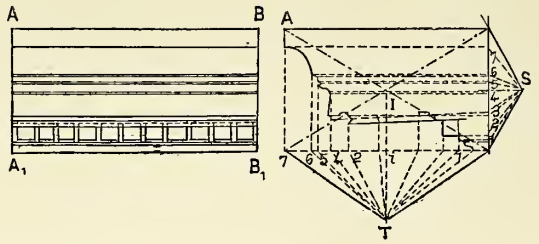
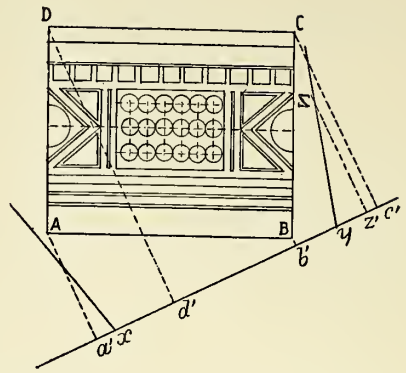


Fig. 309



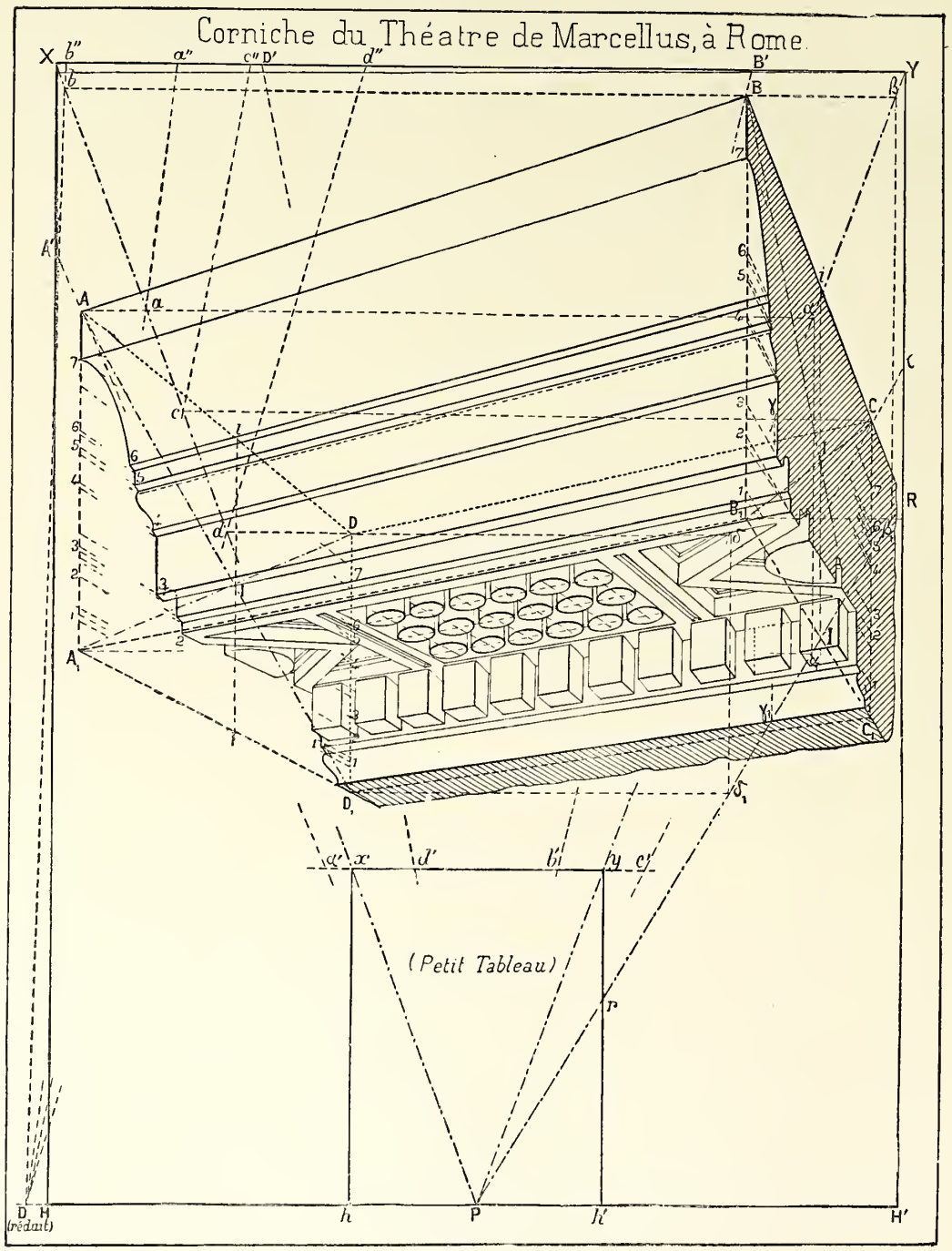


Fig. 310

partages perspectifs en parties proportionnelles aux dimensions des détails correspondants du plan géométral (fig. 309), on fait paraître les caissons en losange et les caissons à gouttes. 7° On s'occupe en dernier lieu des profondeurs de tous ces détails, et nous répétons, qu'arrivé à ce point, le sentiment et l'habitude que l'on a de dessiner jouent le principal rôle.

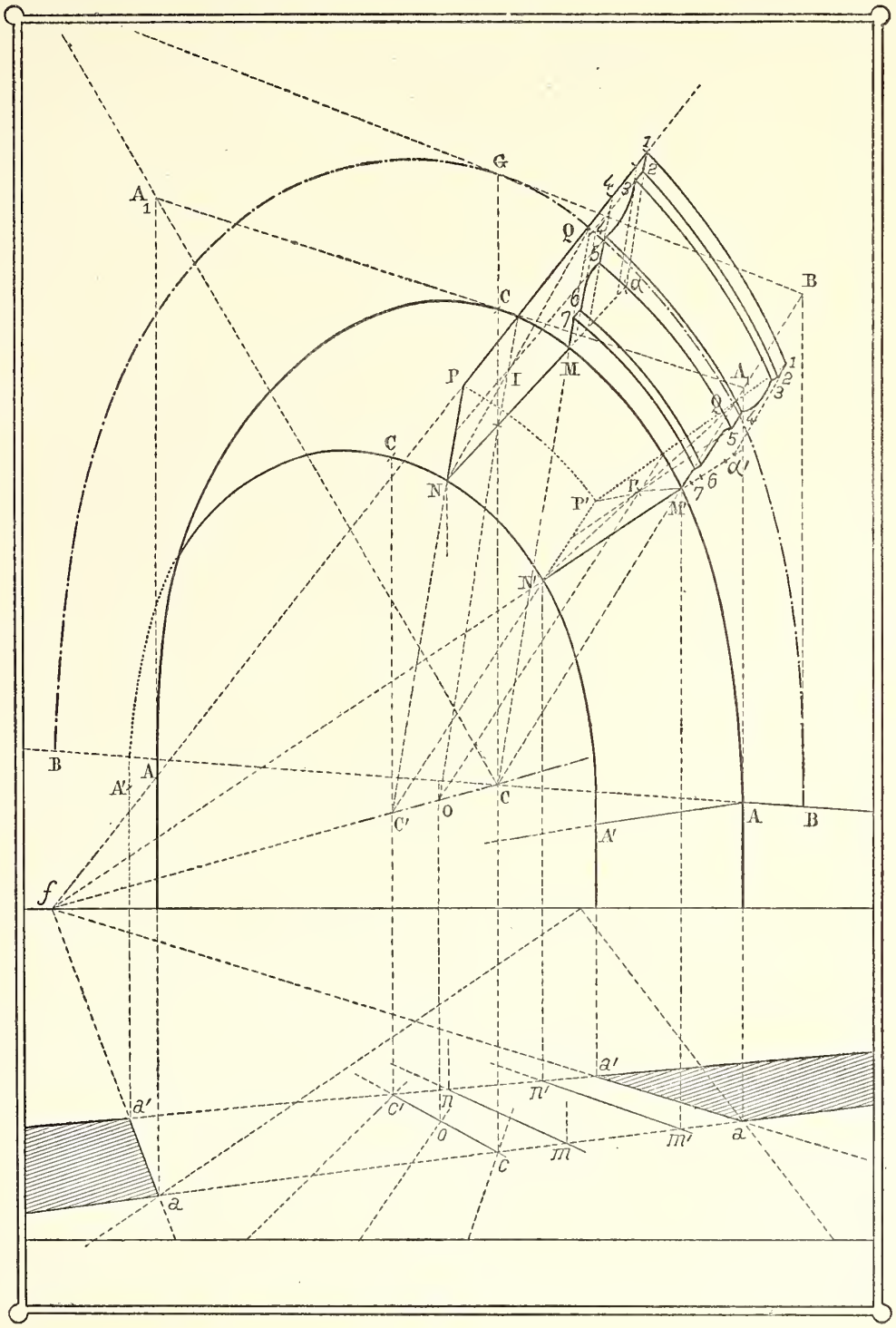
§ III. — Perspective directe des moulures tournantes

223. Moulures d'une archivolte.

L'archivolte est la moulure qui couronne une arcade.

(*a*) *Les masses* (fig. 311). — 1° La masse de l'arcade a été mise en perspective par les méthodes générales.

Fig. 311



Un géométral quelconque donne en aa-$a'a'$ le plan de l'arcade. Le carré circonscrit au cercle d'ouverture de l'arcade est mis en perspective en AA-A_1A_1 par la méthode générale de mise en hauteur. (Le tableau ne porte pas trace de ces diverses constructions préalables, que l'on suppose avoir été faites aussi exactement que possible.)

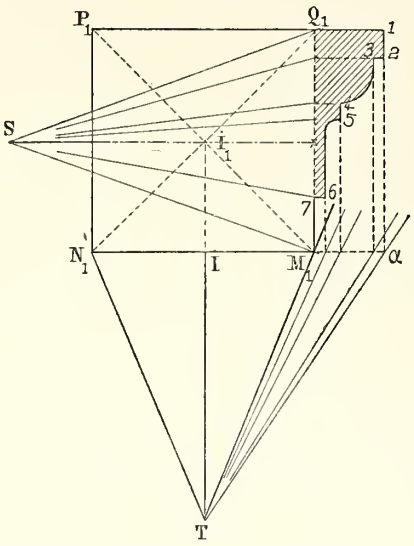
2° Du carré circonscrit AA-A_1A_1 on déduit l'ellipse, perspective du cercle, exactement comme on l'a fait dans la perspective du géométral, soit en se contentant de trouver le point milieu C_1 et les points à 45° situés sur les diagonales du carré (c'est la méthode des huit points); soit, si l'arcade est divisée en un nombre déterminé de voussoirs, 7, 9, 11... dont on veuille dessiner les joints, en construisant une échelle circulaire divergente répondant au nombre donné de ces voussoirs.

3° Le cercle extérieur de l'arcade BGQB est déduit du cercle qui vient d'être tracé en employant la méthode donnée déjà pour les cercles concentriques (v. n° 193). D'ailleurs son carré circonscrit possède les mêmes diagonales que le carré qui a déjà servi.

4° Des cercles tracés dans le plan de la face antérieure aa de l'arcade on déduit les points NP ... N'P' qui leur correspondent sur le plan de la face postérieure $a'a'$, de la manière suivante :

M', dans la face antérieure, a pour géométral m'; on mène la génératrice M'N'f dont on a le point de fuite, accessible, en f. Son géométral est $m'n'f$, que l'on arrête en n' sur le plan $a'a'$ de la face arrière; on remonte ensuite, par une verticale de n' en N'.

Fig. 312



On a en C et C' les centres des deux cercles parallèles (1); par conséquent, joignant CM' et C'N' et menant la fuyante Q'f, on complétera facilement en M'N'P'Q' la perspective du rectangle de joint.

On opérera de même pour un autre joint MNPQ et pour tous les autres.

On remarquera que les figures MNPQ, M'N'P'Q', sont des quadrilatères tout à fait quelconques, et que les côtés N'P' et M'Q' auraient un même point de fuite aérien.

A ce moment le dessin des masses est terminé. Cela fait :

(*b*) *Les moulures*. — 1° On se donne (fig. 312) en vraie grandeur ou à une échelle quelconque, le profil exact 1, 2, 3, 4..... de l'archivolte, lequel *déborde* le profil $P_1Q_1M_1N_1$ du rectangle de joint.

On construit en S et T des échelles divergentes: L'échelle S répond aux hauteurs, l'échelle T aux largeurs, et, comme toujours, on prend pour troisième repère le centre I, du rectangle. — Remarquons que le profil 1, 2, 3, 4..... de l'archivolte est en dehors du profil rectangulaire $M_1N_1P_1Q_1$ du joint. Nous dirons qu'il le *déborde*, et nous dirons aussi que nous l'obtenons par *débordement*.

2° Cela fait : sur le tableau (fig. 311) nous allons reporter perspectivement le profil de l'archivolte sur chacun des plans de joint ; par exemple sur le plan de joint MNPQ.

A cet effet : nous menons les diagonales, ce qui donne le centre perspectif I ; nous avons, au préalable, cherché en O, le milieu perspectif de la ligne des centres C'C', et joignant d'une part IO et If, nous trouvons ainsi les milieux perspectifs des quatre côtés du rectangle MNPQ. Des lors, sur chaque côté, nous avons les trois repères voulus pour appliquer les échelles comme cela a été indiqué plusieurs fois déjà.

Nous obtenons ainsi, par débordement, le profil en perspective 1, 2, 3.....

3° On opérera de même pour le joint M'N'P'Q' et pour tous les autres.

4° On joindra, finalement, tous les points analogues des différents profils par des arcs d'ellipse.

(*c*) *Nota*. — Sur le croquis ci-contre les ellipses ne sont tracées que pour un voussoir.

224. Perspective directe des surfaces de révolution. — Méthode générale.

Nous étudierons le cas où l'axe de la surface est vertical. Si l'axe était quelconque et incliné, on entourerait la surface comme nous allons le faire dans le cas actuel, par un épannelage d'abord en forme de prisme à base carrée et ensuite en forme de cylindre. La marche à suivre serait ensuite tout à fait analogue à celle que nous allons indiquer.

(*a*) *Méthode pratique*. — La méthode pratique, la seule qui soit d'un usage commode en dessin, consiste :

1° A mettre en perspective une série de *méridiens*, en général également espacés ;

2° A joindre par des ellipses les points correspondants de

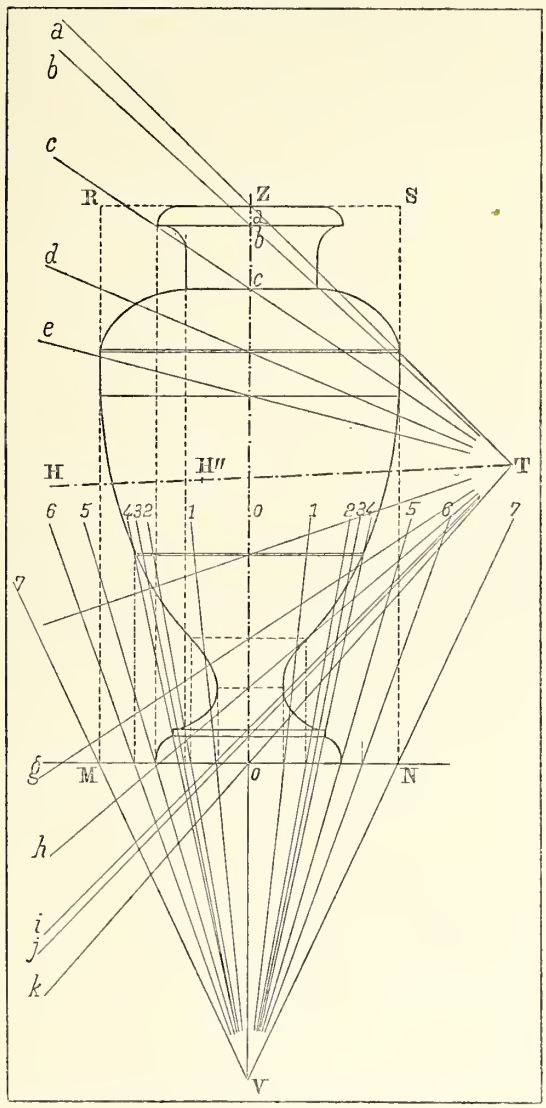
(1) On voit sur le géométral les constructions faites pour obtenir le milieu perspectif c de la droite aa et ensuite les milieux perspectifs o et O des lignes cc' et CC.

ces méridiens ; ces ellipses seront les perspectives de *parallèles* de la surface, convenablement choisis ;

3° A tracer, au sentiment, une courbe enveloppant tous les parallèles et tous les méridiens, c'est-à-dire leur étant tangente, exactement comme nous avons fait dans les questions d'ombres. Cette courbe enveloppe sera le *contour apparent* perspectif de la surface ;

4° A observer la loi des *points de passage*. Nous indiquerons tout à l'heure en quoi cela consiste.

Fig. 313 (Profil)

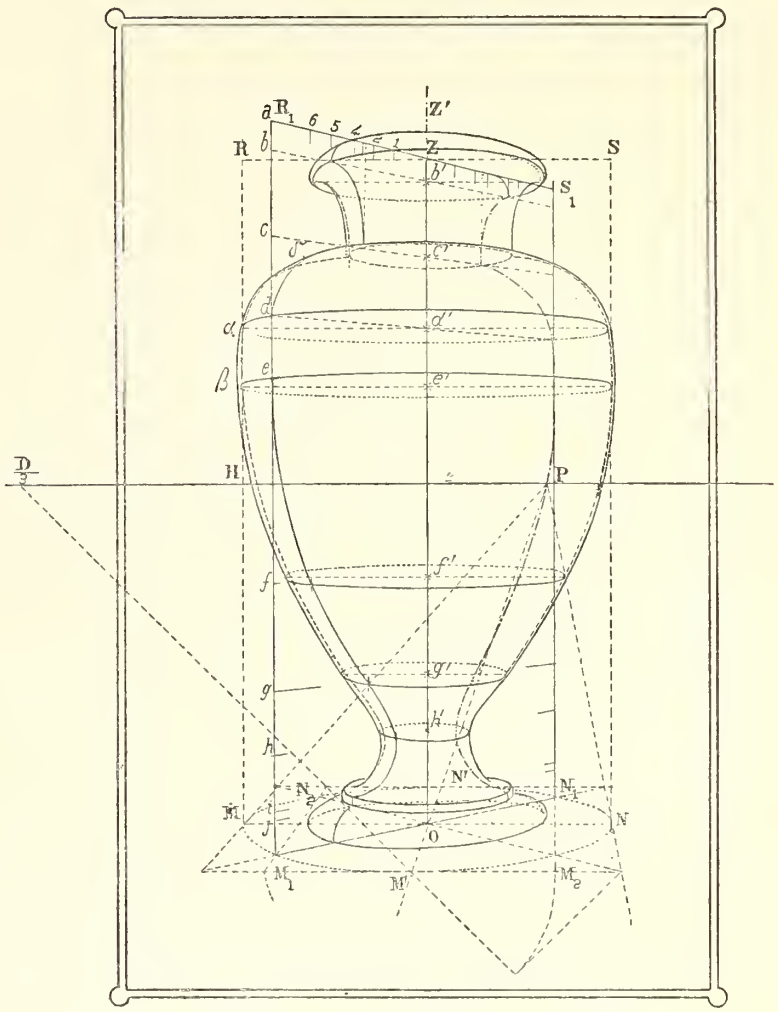


225. Application à un vase.

(*a*) *Données.* — Soit (fig. 313) le profil d'un vase à une échelle déterminée. Ce profil s'enveloppe dans un rectangle d'épannelage MNRS ; nous prenons une série de parallèles et nous construisons deux échelles divergentes ; la première T relative aux hauteurs, la seconde V relative aux largeurs.

Cela posé : dans un tableau quelconque (fig. 314) dont on connaît le point principal P et le point tiers de distance

Fig. 314 (Tableau)



D/3 on se donne une droite verticale OZ limitée en hauteur, et quelconque. On s'impose, comme donnée, que cette droite soit, en perspective, l'axe du vase dont nous avons le profil.

On demande sur ces seules données, d'achever la perspective du vase. Voici l'ordre des constructions :

(*b*) *Mise en place du cylindre d'épannelage.* — 1° En MNRS (tableau) on construira en partant de OZ comme hauteur, un rectangle d'épannelage semblable à celui de la figure 313. C'est une question de lignes proportionnelles ;

2° Se servant du point D/3 on obtiendra, comme cela a été dit plus haut, la perspective du carré construit sur MN comme axe, et celle du cercle $M_1M'M_2M$..... inscrit dans ce carré. Ce cercle serait la base du cylindre d'épannelage dans lequel pourrait s'inscrire le vase ;

3° On prendra dans ce cylindre plusieurs positions du rectangle d'épannelage, telles que $M_1N_1R_1S_1$; elles seront donc obliques au tableau. On prendrait aussi les positions M'N',

perpendiculaires au tableau, et M_2N_2 passant par les points de diagonale.

A ce sujet, indiquons comment l'échelle divergente des hauteurs T (fig. 313) peut facilement servir pour mettre en hauteur les sommets, tels que R_1 et S_1, du rectangle d'épannelage dans une position quelconque.

On prend (tableau) sur le rectangle d'épannelage de front MNRS, et en se servant d'une bande de papier la hauteur MR. On a soin de marquer au passage le point H situé sur l'horizon ; puis on inscrit cette bande de papier dans l'échelle T en la tenant bien verticale, et on y reporte le point H″ ; la ligne TH″ de l'échelle correspondra, comme hauteur, à l'horizon du tableau. (Sur la figure 313, TH″ n'est pas forcément horizontale.)

Cela fait, je veux mettre en hauteur non seulement le point R_1 (tableau) mais aussi les points *b*, *c*, *d*..... répondant aux parallèles de la surface. Alors, sur une autre bande de papier, je prends (tableau) la distance de M_1 à la ligne d'horizon ; j'inscris la bande de papier, tenue verticale, dans l'échelle T, en me repérant sur la ligne inférieure T*k* et sur la ligne TH″ qui répond à l'horizon ; je marque tous les points de rencontre avec les lignes de l'échelle, y compris le point le plus haut et, finalement, je reporte les points de division ainsi obtenus sur la verticale M_1R_1 du tableau.

(*c*) *Mise en place perspective des principaux méridiens.* — On voit, sur la figure 314, comment, en se servant des deux échelles T et V, le méridien placé dans le rectangle d'épannelage $M N_1$ a été obtenu.

On dessine de même le méridien de front MN et l'on pourrait (ce qui n'est pas fait sur le tableau) trouver la perspective d'autant de méridiens que l'on voudrait.

(*d*) *Mise en perspective des principaux parallèles.* — On joindra par des ellipses les points qui se correspondent sur les méridiens déjà obtenus.

226. Principes relatifs aux contours apparents.

(*a*) *Courbes enveloppes.* — La figure 315, dessinée à plus grande échelle, fait comprendre comment on trace la courbe enveloppe des méridiens et des parallèles; cette enveloppe constituera le contour apparent perspectif du vase.

On voit sur la même figure 315, en ABCD.... le méridien de front, et en $A_1B_1C_1D_1$..... le méridien oblique, ce dernier très déformé par la perspective.

On a figuré en $B_1\beta B$-C_1CC''-D_1DD''. ... les ellipses, perspectives des principaux parallèles.

On a eu le soin, aux points B, C et D de ces ellipses situées sur le méridien de front, de leur donner des tangentes B*p*-C*p*-D*p*, allant passer par le point principal.

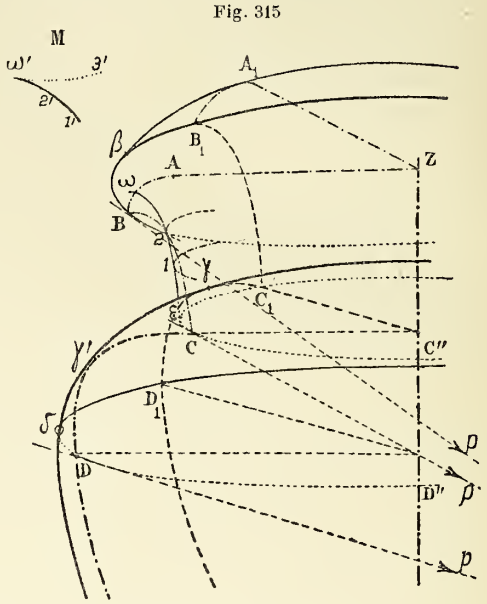
Il ne reste plus qu'à prendre l'enveloppe, ou les enveloppes, de ces différentes courbes, pour avoir les contours apparents perspectifs.

Une première enveloppe se trace facilement, c'est $\delta\gamma'\gamma$, laquelle est tangente en δ au parallèle D_1D'', en γ' au méridien de front et en γ au méridien oblique. Elle laisse le parallèle CC_1 dans son intérieur.

Une seconde enveloppe est la courbe $\varepsilon\omega$.

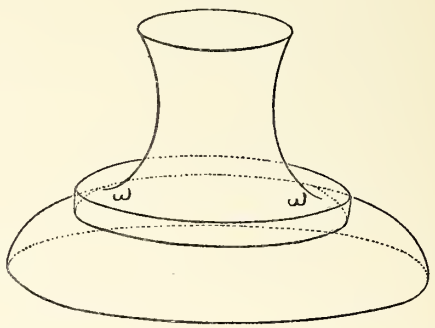
Elle est tangente en ε au parallèle CC_1 et elle le serait à d'autres, tels que 1, 2..... Elle présente en ω un point dit : *de passage* dont voici les propriétés.

Fig. 315



(*b*) *Points de passage et d'évanouissement des contours apparents.*—En traçant des parallèles analogues à 1, 2, etc. en très grand nombre et très rapprochés, et en essayant de mener leur enveloppe, on verra cette enveloppe, comme l'indique

Fig. 316



le croquis M placé à gauche, présenter un rebroussement ω' et, de la direction $1'2'\omega'$, passer brusquement à la branche $\omega'3'$.

Ce point de rebroussement ω' se nomme le *point de passage*; en réalité, le contour apparent, qui était *réel* en 1-2....., cesse en ce point ω d'être réel. Il s'évanouit, on dit qu'il devient *virtuel*. Comme dessin il cesse d'exister, et, après avoir suivi la ligne 1-2....., il semble se perdre en ω dans la masse générale du solide.

La géométrie supérieure donne des méthodes pour déter-

miner rigoureusement les points de passage; ces méthodes sont compliquées (1). En dessin, on se contente d'obtenir ce point par à peu près, en saisissant le moment où les parallèles cessent d'avoir une enveloppe.

On devra (fig. 316) observer aussi ces points de passage en ω, ω, sur la base du vase.

Ils existent toutes les fois qu'une surface est à double courbure, c'est-à-dire lorsqu'elle est convexe dans un premier sens et concave dans le sens perpendiculaire au premier. On les remarque surtout dans un piédouche.

Les surfaces à courbures simples, comme la sphère, les ellipsoïdes, n'en présentent jamais.

227. Perspective d'un vase cratère.

(*a*) *Données.* — La figure 318 donne le vase en géométral. La figure 317 représente un tableau avec ses données optiques, savoir: HH′ horizon; P point principal; D/3 point tiers de distance. Dans ce tableau la verticale limitée OZ est la représentation de l'axe du vase. Avec ces données, on demande de faire la perspective complète du vase.

(1) Voir, pour la théorie des points de passage : Traité de géométrie descriptive, compléments.

Fig. 318

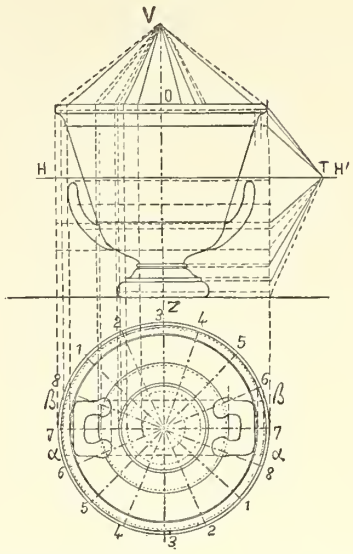
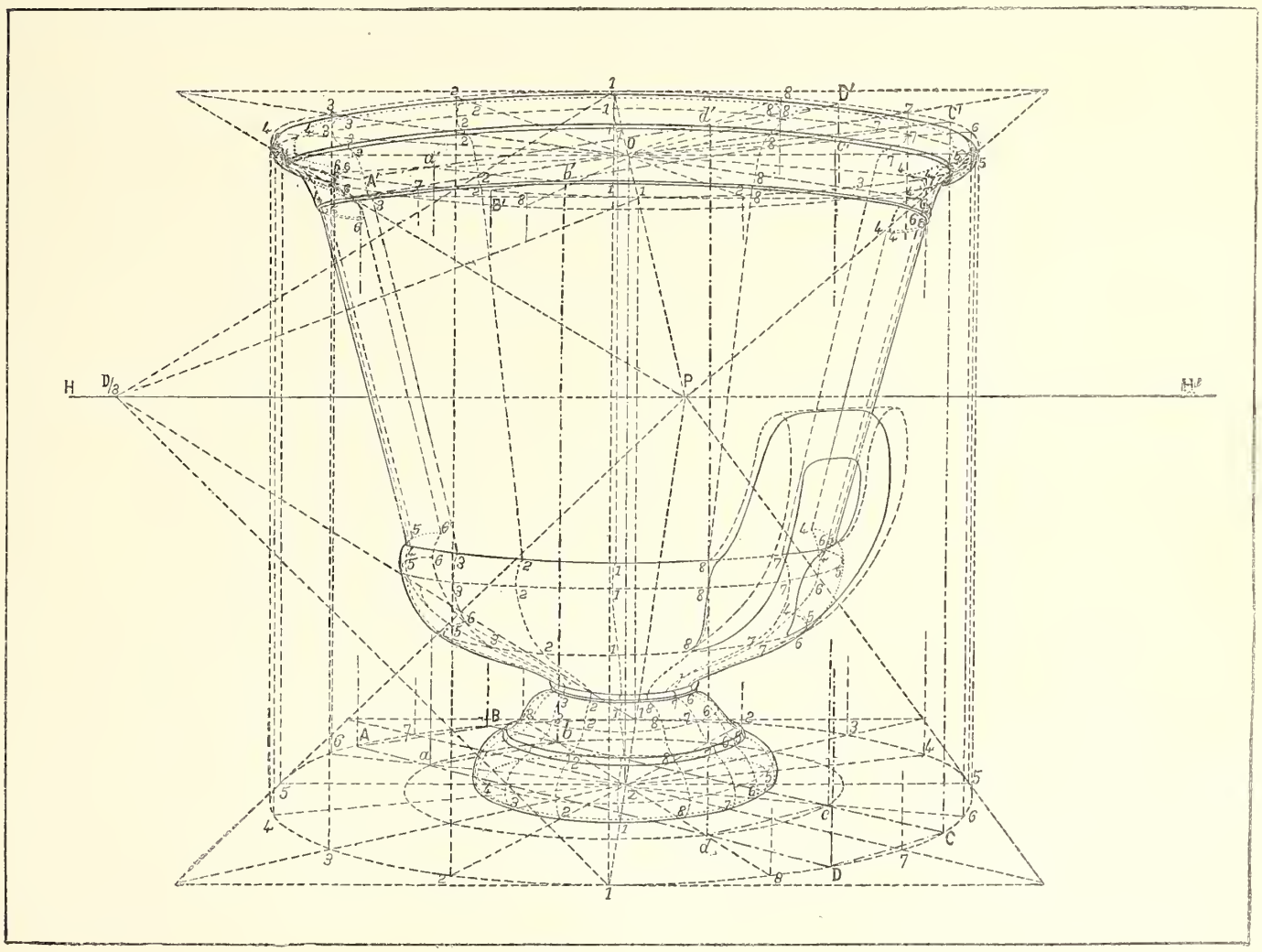


Fig. 317



(*b*) *Boîte d'épannelage.* — La boîte sera le cylindre vertical circonscrit à l'astragale supérieure du vase. Pour la représenter on mesure son rayon sur l'épure ; on l'amplifie dans le rapport de OZ de l'épure à OZ du tableau et, sur ce dernier, on porte de front, à gauche et à droite, ce rayon amplifié de Z en 5 et en 5. Cela permet de dessiner le carré perspectif et ensuite le cercle perspectif inscrit, duquel on déduit la boîte cylindrique.

(*c*) *Méridiens perspectifs.* — Nous avons les méridiens diagonaux 3 et 7 et quatre méridiens intermédiaires 2, 4, 6 et 8. Les échelles divergentes V et T (fig. 318), permettent de les mettre en perspective.

(*d*) *Parallèles.* — En joignant par des ellipses les points correspondants des méridiens on obtiendra les parallèles perspectifs.

(*e*) *Contours apparents* : Les contours apparents sont l'enveloppe de toutes les courbes qui viennent d'être tracées. On observera les points de passage (v. n° 226), en haut, sur le congé et, en bas, sur la doucine.

(*f*) *Anse.* — Sa forme échappe à la géométrie. Néanmoins on peut aider au dessin de sentiment qui lui con-

Fig. 319

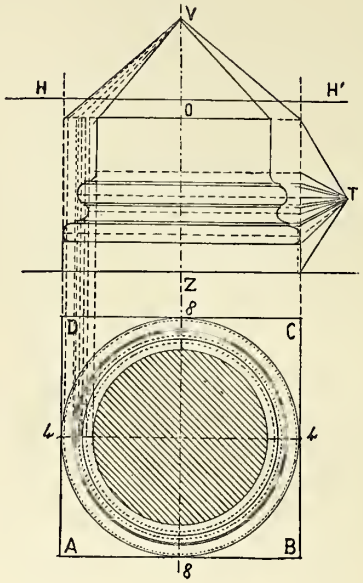
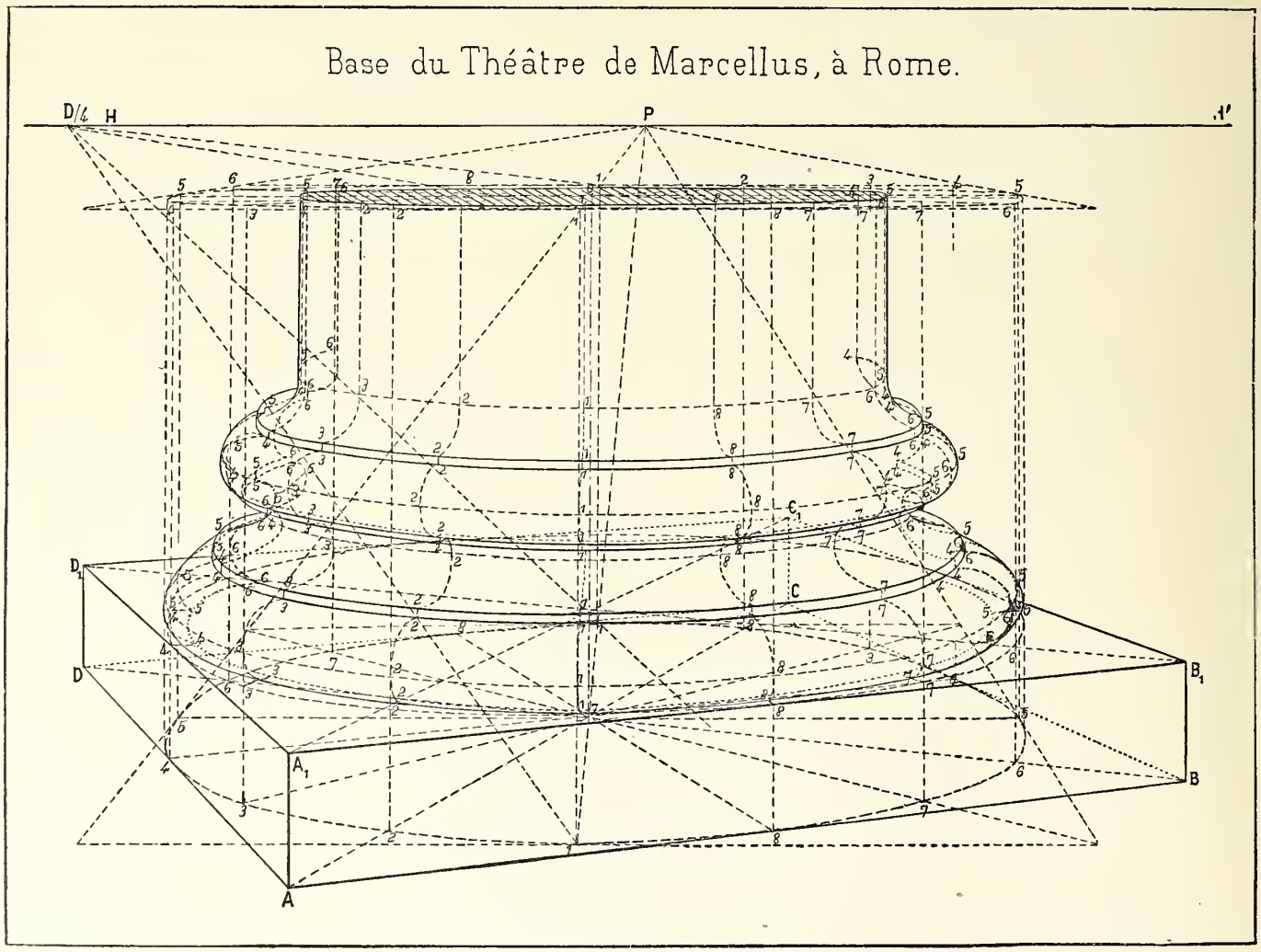


Fig. 320



vient en l'indiquant entourée par une boîte cylindrique dont le profil est donné sur l'élévation (fig. 318 et fig. 317, v. les lignes pointillées) en mettant rapidement cette boîte en perspective, plutôt par comparaison avec les lignes déjà tracées qui sont autour qu'en employant des procédés géométriques. Mais, nous répétons encore, en y insistant, que pour arriver à cela il faut savoir déjà dessiner convenablement.

228. Perspective d'une base attique (fig. 319 et 320).

(*a*) *Données.* — Ce fragment appartient, ainsi que ceux qui seront étudiés aux numéros suivants, au *Théâtre de Marcellus*, à Rome. Leur reproduction, en plâtre, fait partie de la collection officielle des modèles de dessin.

(*b*) *Moulures tournantes.* — Comme pour l'exemple précédent.

(*c*) *Plinthe.* — Il suffit d'en obtenir les diagonales, ce qui se fait en prolongeant les diamètres 2 - 2 et 6 - 6 des deux cercles inférieurs, de manière que les nouvelles longueurs soient aux anciennes dans le rapport de $\sqrt{2}$ à 1.

229. Perspective d'un chapiteau dorique (Temple de Marcellus). — Mêmes explications générales que pour les exemples précédents (fig. 321 et 322).

Fig. 321

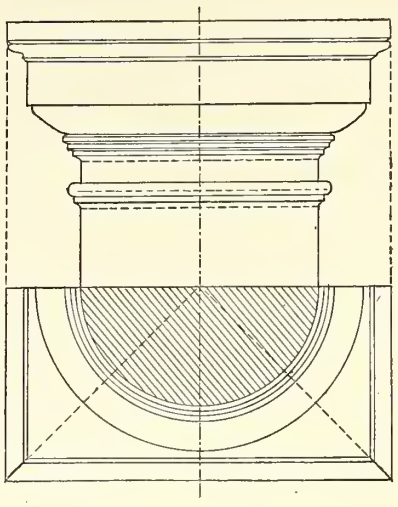
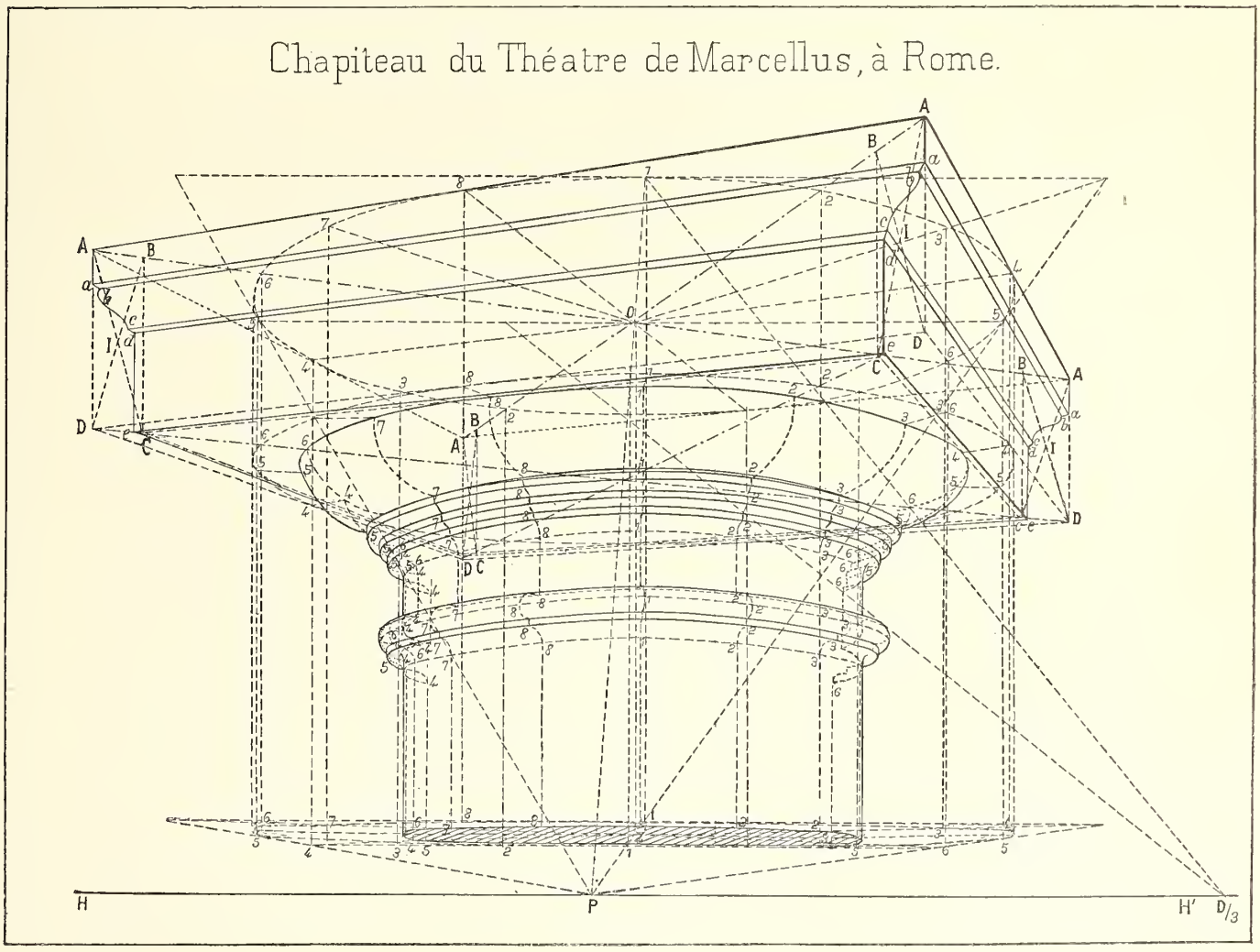


Fig. 322



Le tailloir et son talon de couronnement s'obtiendront à l'aide d'échelles divergentes, en traçant les profils d'onglet dans le prolongement des plans diagonaux.

230. Perspective d'un chapiteau ionique (Théâtre de Marcellus.)

(*a*) *Données.* — On remarquera que le chapiteau comporte : 1° Une partie dorique, comprenant une astragale et une échine, lesquelles seront dessinées comme moulures tournantes. 2° Une abaque avec talon AB, analogue au tailloir du chapiteau dorique. 3° Un coussinet avec volutes ; situé au-dessous.

(*b*) *Coussinet.* — On inscrira le coussinet dans une boîte prismatique XYXY. Les volutes (fig. 323), se tracent à l'aide de deux directrices CX et CY perpendiculaires entre elles et sur lesquelles on fait retourner des verticales et des horizontales, ce qui constitue la *volute rectiligne*, facile à mettre en perspective (fig. 324). Dans cette dernière on inscrit ensuite très facilement la *volute curviligne*. Le reste s'achèvera au sentiment.

Fig. 323

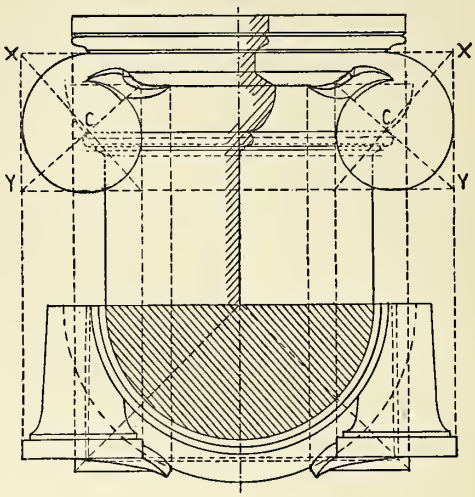
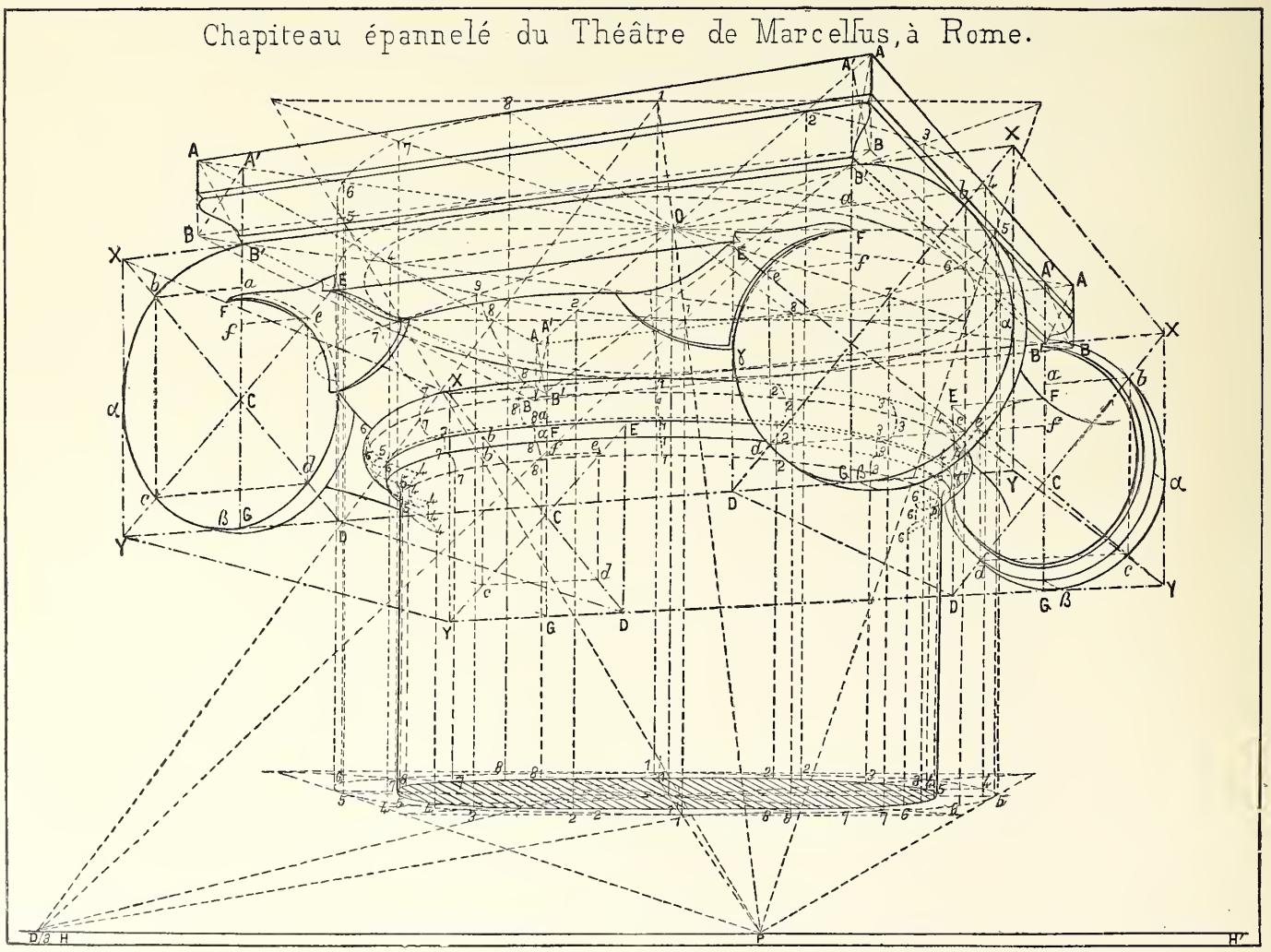


Fig. 324



§ IV. — Mise de front d'une figure plane

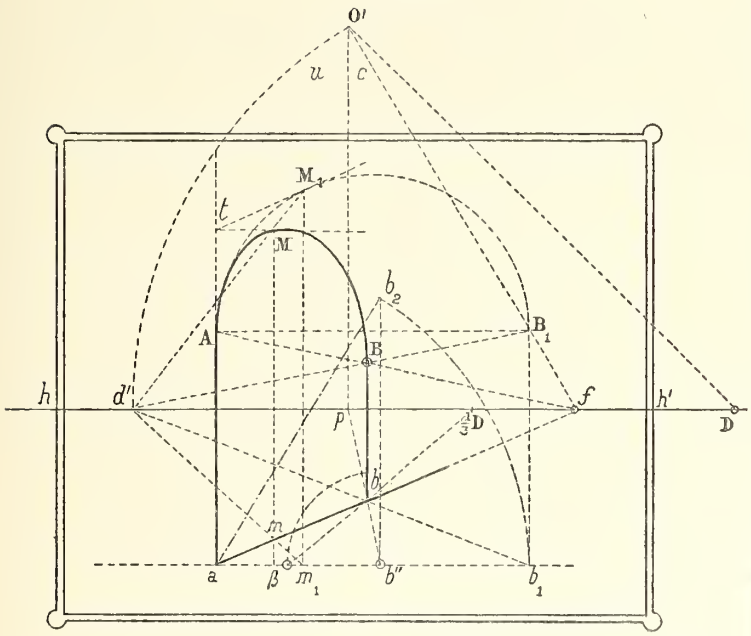
231. Mise de front d'un mur vertical. — Méthode dite « de la corde de l'arc. »

(*a*) Dans les problèmes qui précèdent, nous n'avions pas à nous occuper d'angles connus en vraie grandeur, ni des rapports de lignes ayant des directions différentes. Ces problèmes n'exigeaient pas la connaissance exacte de la position du spectateur, c'est-à-dire se résolvaient sans les points de fuite et de distance principaux ; il n'en sera plus de même des suivants.

On se proposera, dans les problèmes qui vont être traités, d'amener, comme dans l'opération que nous avons appelée le *relèvement du géométral*, une figure plane quelconque et dont les rapports de dimensions sont altérés par la perspective, à se présenter de front de manière à pouvoir juger de ses proportions exactes.

(*b*) *Données.* — Nous supposons d'abord que le plan de la figure est vertical (nous nommerons *un mur*, tout plan vertical), et nous nous proposons, comme application, de tracer dans ce mur la perspective du demi-cercle d'ouverture d'une arcade.

Fig. 325



Soient A*a* — B*b* (fig. 325), deux verticales définissant le mur ; nous voulons amener ce mur à être de front en le faisant tourner, comme une porte, autour d'une quelconque de ses verticales, A*a*, par exemple, prise comme *charnière*.

Nous supposons de plus : 1° que A*a* est sinon dans le plan de front des vraies grandeurs, du moins dans un plan de front dont nous connaissons l'échelle ; 2° que les points A et B sont au même niveau et que nous voulons mettre en perspective un demi-cercle décrit sur AB comme diamètre.

(*b*) *Mise de front.* — Après la rotation, le point *b* sera venu en b_1, et l'on aura, dans le géométral de l'espace, $ab = ab_1$. — Par conséquent, joignons bb_1, cette droite intercepte un segment de front ab_1 qui est perspectivement égal au segment *ab* intercepté sur la fuyante *abf* ; c'est donc une ligne concourant au point de distance accidentel *d'* de la direction qui a pour point de fuite le point *f*.

On sait comment s'obtient le point accidentel de distance *d'* quand on connaît le point principal *p*, le point de distance principale D et le point de fuite *f*.

Rappelons cette construction :

1° L'œil, ou point de vue, a été rabattu en O' sur le tableau en prenant *hh'* comme charnière. On a pris à cet effet $pO' = pD$ (distance principale).

2° Joignant O'*f*, cette ligne a donné le rabattement du rayon de fuite de la direction *f* ; par suite O'*f* est la distance oblique de l'œil au tableau comptée suivant la direction *f* ;

3° Portant, sur l'horizon, $fd' = fO'$, on a obtenu en *d'* le point de distance accidentel de la direction *f*.

Cette construction suppose que le point D est accessible. Ordinairement il n'en est pas ainsi. On la modifiera alors, comme il est dit plus loin (Rem. 3°).

Cela posé, donnons au mur son mouvement de *porte* et faisons-le tourner autour de *a*A comme charnière.

La verticale *b*B prend la position b_1B_1.

Mais maintenant le mur est de front et les figures qui y sont contenues se perspectivent en vraie forme, c'est-à-dire semblables à elles-mêmes.

On décrira donc, en vraie figure, le cercle sur A_1B_1 comme diamètre, et l'on ramènera tous ses points en place par une construction inverse de la précédente, ainsi que nous allons l'indiquer.

(*c*) *Remise en fuite.* — Par exemple, soit M_1 un point du cercle de front. — M_1 est projeté géométralement en m_1 sur a_1b_1. — Je mène les lignes m_1m et M_1M qui fuient toutes deux en *d'*, car elles sont parallèles dans l'espace. Je prends l'intersection *m* de la fuyante m_1d' et de la trace *ab* du mur, et remontant, par une verticale, de *m* en M sur la fuyante du point M_1, j'obtiens un point M du cercle perspectif.

(*d*) *Tangentes.* — Menons la tangente M_1t au cercle quand il est de front. Elle rencontre la charnière au point *t* qui ne bouge pas. On a donc en *t*M la tangente cherchée.

Il est facile de trouver le point pour lequel la tangente est parallèle perspectivement à une direction donnée. — Il suffit de se donner dans le plan vertical *ab*AB une droite pa-

rallèle à cette direction ; de faire tourner cette droite en l'amenant de front ; de mener au cercle, en vraie figure AM_1B_1 une tangente parallèle à cette direction devenue de front, et de remettre en place cette dernière tangente.

(*e*) *Remarques.* — 1° Dans ce mouvement de rotation, les points $m - b - M$... décrivent, en réalité, dans l'espace, des arcs de cercle dont les lignes $mm_1 - bb_1 - MM_1$... sont les cordes. Nous nous sommes bien gardés de chercher les perspectives de ces arcs de cercle et nous nous sommes contentés de tracer les perspectives de leurs cordes. C'est ce qui a fait donner à ce tracé le nom de *Méthode par la corde de l'arc.*

2° La méthode serait la même dans le cas où le plan fuyant vertical serait perpendiculaire au tableau, c'est-à-dire aurait sa trace *ab* sur le géométral, fuyant au point principal *p*. Alors au point de distance accidentel *d'* on substituerait le point principal de distance D.

3° Pour faciliter le raisonnement, nous avons employé le point principal de distance, D et le rabattement supérieur de l'œil O'. Mais nous savons que ces points D et O' seront toujours inaccessibles et que nous n'aurons à notre portée qu'un point de distance réduite, D/3 par exemple.

Dans ce cas, on remarquera que toute la méthode revient à obtenir en ab_1, sur une ligne de front, une longueur perspectivement égale à la grandeur de la ligne perspective *ab*. Nous savons qu'un relèvement préalable du géométral la donne (v. n° 187).

La figure 325 indique ce relèvement préalable. On a mené la fuyante principale *pb*, et on l'a prolongée en *b''*. On a joint *b*D/3 et la longueur *b''*β a été portée 3 fois de *b''* en b_2 sur la verticale du pont *b''*. Finalement on a pris $ab_1 = ab_2$ et la ligne b_1b prolongée jusqu'à l'horizon, donne en *d'* le point de distance accidentelle de la direction *abf*, car c'est, pour cette direction, le point de fuite d'une ligne *d'égale resection.* C'est le point de fuite de toutes les cordes des arcs.

4° Plus le point *f* sera inaccessible, c'est-à-dire plus la base *ab* du mur se rapprochera d'être de front, plus le point *d'* se rapprochera du point principal P. Si *d'* est inaccessible, la ligne bb_1 que nous venons d'obtenir permettra d'employer le Té-brisé (v. n° 161 et suivants).

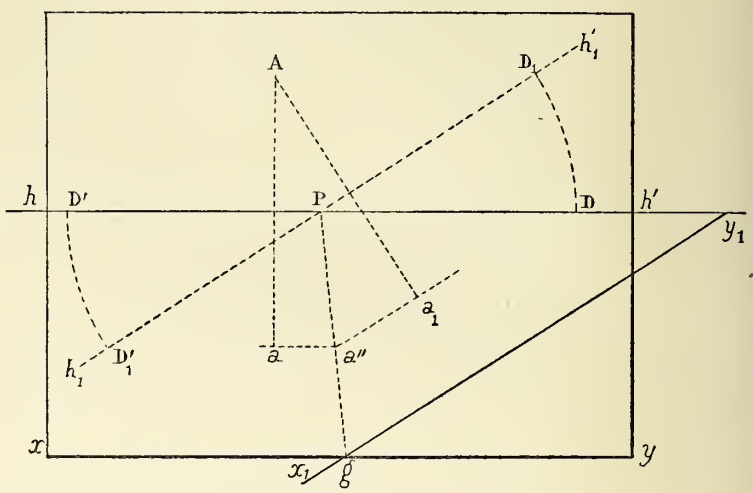
232. Changement de géométral.

(*a*) *Solution générale.* — Lorsqu'un plan est quelconque, c'est-à-dire n'est pas vertical, sa mise de front exécutée pour faciliter à sa surface soit des recherches de rapports, soit des solutions de problèmes, est plus difficile. Mais on la ramènera au cas précédent en commençant par prendre un nouveau géométral qui soit perpendiculaire au plan donné quelconque, c'est-à-dire par rapport auquel le plan occupera la position d'un *mur.*

Le problème du changement de géométral est analogue au problème de géométrie descriptive connu sous le nom de *changement de plan horizontal de projection.*

Soit *xy* (fig. 326) le bord inférieur du tableau ou *ligne de terre*, trace du géométral primitif sur ce tableau, et *hh'* la ligne d'horizon correspondante.

Fig. 326.



Soit x_1y_1 une nouvelle droite choisie dans ce tableau, comme nouvelle ligne de terre, c'est-à-dire prise comme trace d'un nouveau géométral, *perpendiculaire aussi au tableau*, mais non plus horizontal. Sa ligne d'horizon h_1, h'_1 passera encore par le point principal P, puisque ce point est la trace du rayon visuel perpendiculaire au tableau. Elle sera parallèle à la nouvelle ligne de terre x_1y_1.

Les points de distance nouveaux seront en D_1 et D'_1 sur $h_1h'_1$ à la même distance de P que les points anciens D et D'.

Soit A un point dans l'espace et soit *a* sa projection géométrale ancienne. Déterminons sa projection géométrale nouvelle a_1. A cet effet : Soit *g* l'intersection des deux bords inférieurs du tableau ou lignes de terre ; *g*P est, en perspective, l'intersection des deux géométraux. — Par le point *a* je mène, dans le premier géométral, la ligne de front *aa''*, parallèle à *xy*, et par *a''*, point où elle rencontre *g*P, la ligne de front $a''a_1$ du deuxième géométral, parallèle à x_1y_1. — J'abaisse Aa_1, perpendiculaire sur cette ligne de front et j'obtiens en a_1 la nouvelle projection géométrale cherchée.

(*b*) *Application.* — *Prendre un nouveau géométral perpendiculaire à un plan donné quelconque.*

Nous savons que lorsqu'un plan est perpendiculaire au géométral, sa trace sur le tableau, et, plus généralement, toutes ses lignes de front sont perpendiculaires sur la ligne de terre. Nous avons vu, de plus, qu'il est facile de rendre de front un pareil plan par la méthode de la corde de l'arc, et d'y construire ou d'y mesurer telle figure que l'on veut. Il y a donc intérêt à savoir prendre un nouveau géométral perpendiculaire à un plan donné.

Par conséquent, pour résoudre le problème demandé, il

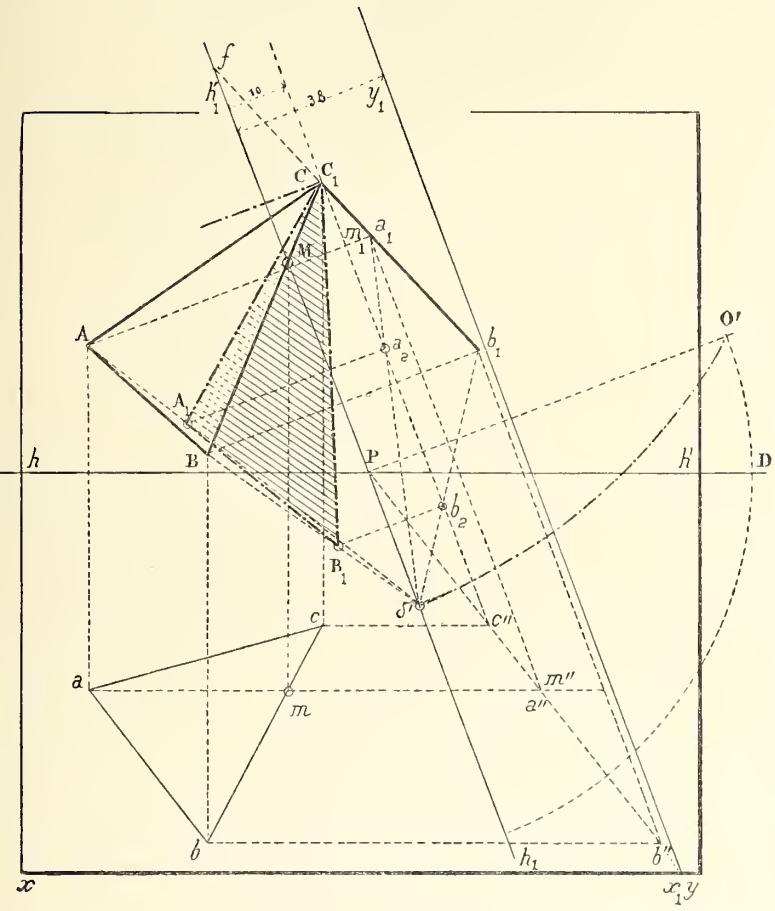
suffira de prendre comme ligne de terre du nouveau géométral, une ligne x_1y_1 perpendiculaire aux lignes de front du plan. Ce problème sera résolu dans l'application suivante :

233. Trouver la vraie figure d'un triangle.

(*a*) *Données.* — Nous supposons tous les points de fuite accessibles pour faciliter les constructions.

Soient (fig. 327) 3 points A*a* — B*b* — C*c* définissant un

Fig. 327.



triangle qu'il s'agit d'amener de front afin de l'avoir en vraie figure.

(*b*) *Changement de géométral.* — Je mène la ligne de front *am* — AM du plan de ce triangle, et je choisis une nouvelle ligne de terre x_1y_1 perpendiculaire sur AM. Je prends alors x_1y_1 pour ligne de terre d'un nouveau géométral qui sera perpendiculaire sur le plan du triangle ABC.

Sa ligne d'horizon nouvelle est $h_1Ph'_1$ passant par P et parallèle à x_1y_1. — L'intersection des deux géométraux est Px_1 et les nouvelles projections géométrales de A, B, C sont $a_1b_1c_1$ obtenues comme ci-dessus (1).

(1) Par un effet de hasard sur le tableau (fig. 327), le point C se confond avec sa projection C_1 sur le nouveau géométral.

Comme *vérification*, je remarque que les trois points a_1, b_1 et c_1 doivent être en ligne droite, puisque le plan ABC du triangle est maintenant perpendiculaire au nouveau géométral.

Alors le plan du triangle occupe par rapport au nouveau géométral la position d'un mur.

Prolongeons b_1c_1 jusqu'en *f*, sur la nouvelle ligne d'horizon, nous aurons le point de fuite de cette ligne.

Cela fait : pour mieux lire l'épure, retournons notre papier et plaçons x_1y_1 horizontale ; nous sommes alors ramenés au cas du n° 231 : « Amener un plan vertical à être de front ». On achève comme suit :

(*c*) *Mise de front.* — On rabat l'œil en O'. Avec *f*O' (qu'il est inutile de tracer) pour rayon, on décrit l'arc de cercle O'δ' qui donne en δ' le point de distance de la direction *f*.

C'est en ce point que viendront fuir toutes les cordes des arcs de la rotation que nous allons faire subir au triangle autour de CC_1 comme charnière. Faisons cette mise de front.

Le point CC_1 ne bouge pas comme étant sur la charnière.

Les points a_1 et b_1 viennent, sur la ligne de front c_1b_1 à la rencontre, en a_2 et b_2, de cette ligne avec les fuyantes a_1 δ' et b_1 δ' qui sont les cordes des arcs de rotation.

Les points A et B de l'espace viennent, d'une part, sur les perpendiculaires a_1A_1 et b_1B_1 au nouveau géométral et d'autre part, sur les cordes d'arc AA_1-BB_1 fuyant au point δ'.

On aura donc en A_1B_1C la *vraie figure* du triangle donné ; mais on n'aura pas encore sa *vraie grandeur*.

(*d*) *Vraie grandeur du triangle.* — Pour avoir les vraies dimensions du triangle il suffit de connaître l'échelle du plan de front sur lequel est fait le rabattement A_1B_1C. A cet effet :

Supposons, par exemple, que le plan de front du grand tableau soit à l'échelle de 1/10 ; le plan de front c_1b_1, sur lequel on a rabattu, a sa trace sur le nouveau géométral qui se trouve, sur notre croquis, à une distance de 10^{mm} de l'horizon $h_1h'_1$, tandis que x_1y_1 en est à 38^{mm}. Par conséquent, l'échelle du plan de front A_1B_1C n'est pas de 1/10 mais de $1/10 \times 10/38$ soit 10/38 ou, en simplifiant, 1/38.

Par conséquent pour avoir les vraies dimensions des côtés du triangle donné, on les mesurera en A_1B_1C et on les multipliera par le rapport inverse, c'est-à-dire par 38.

(*e*) *Remarque.* — Ici le triangle amené de front a tenu dans le cadre du tableau ; cela tenait à ce que la charnière CC_1 avait été prise loin du tableau. Le triangle amené de front s'est considérablement réduit en dimensions apparentes. Si l'on avait pris la charnière passant par le sommet le plus près, c'est-à-dire par B, l'épure n'aurait probablement pas tenu dans le cadre.

CHAPITRE IX

IMAGES PAR RÉFLEXION DANS DES MIROIRS PLANS

§ I. — Généralités

234. Méthodes générales. — (*a*) *Lois physiques.*

Les lois physiques de la réflexion sont les suivantes :

1° Le rayon incident AO et le rayon réfléchi OB sont dans un même plan contenant la normale ON à la surface réfléchissante ;

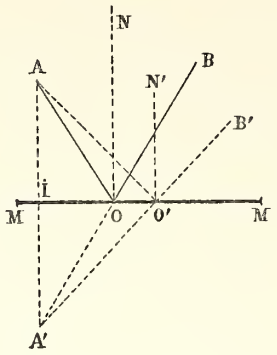
2° L'angle d'incidence (AON) est égal à l'angle de réflexion (NOB).

D'où il résulte que si l'on considère un miroir plan MN et un point A, les différents rayons lumineux issus de ce point et tels que AO-AO′, etc..... seront réfléchis dans les directions OB, OB′..... et sembleront diverger d'un point A′ symétrique du point A par rapport au miroir.

Le spectateur qui recevra les rayons réfléchis croira qu'ils proviennent en réalité du point A′, lequel constitue ce que l'on nomme l'*image* du point A.

Au point de vue géométrique on trouvera l'image A′ d'un point A par l'une des deux méthodes suivantes.

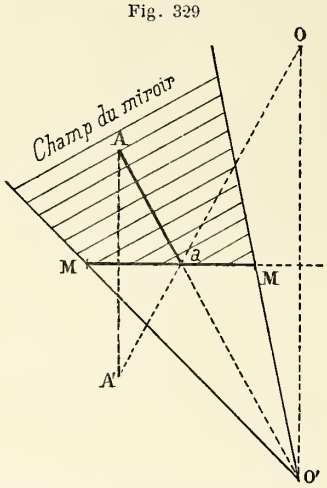
Fig. 328



(*b*) 1re *Méthode dite* : *par les normales prolongées* (fig. 328). — 1° On abaisse du point A une perpendiculaire AI sur le plan du miroir ; 2° On la prolonge au-delà d'une longueur égale (IA′ = IA). Le point A′ est l'image du point A.

2e *Méthode dite* : *par le symétrique de l'œil* (fig. 329). — Soit MM le miroir, O la position de l'œil de l'observateur ; prenons en O′ le symétrique du point O par rapport au miroir, et soit A un point dont on cherche l'image. Joignons AO′ et prenons, en *a*, l'intersection de cette droite avec le miroir. Ce point *a* est sur le trajet du rayon réfléchi A′*a*O ; par conséquent, pour le spectateur placé en O, la perspective du point *a* se confond avec elle de l'image A′ et il revient au

Fig. 329



même, sur un tableau perspectif, de figurer le point A′ ou le point *a* : ils se superposeront, en apparence, l'un sur l'autre. Ce qui nous conduit au tracé suivant :

1° On cherche en O′ ce que nous nommerons le *symétrique de l'œil* par rapport au miroir ;

2° Par des lignes droites on joint à ce point O, tous les points, tels que A, dont on veut l'image ;

3° On cherche les intersections telles que *a*, de ces droites avec le miroir. (Problème résolu : Intersection d'une droite et d'un plan.)

235. Champ d'un miroir.

Si le miroir est limité en MM, tous les points ne donneront pas une image visible du point de vue O. On nomme *champ du miroir* l'espace qui renfermera tous les points susceptibles de donner une image visible. Pour limiter ce champ, il suffira donc de joindre le point O′, *symétrique de l'œil*, à tous les points du contour MM..... du miroir. On donnera ainsi naissance à une pyramide ou à un cône, et il n'y aura

que les points tels que A, situés dans l'intérieur de la pyramide, qui donneront une image visible du point de vue O.

Remarque. — On voit que la méthode dans laquelle on utilise le symétrique O′ de l'œil, revient à chercher sur le miroir, considéré comme nouveau tableau, une image perspective des objets en prenant le point symétrique O′ comme nouveau point de vue, et à donner dans l'ancien tableau une *perspective de cette perspective.*

236. Emploi des boîtes d'épannelage.

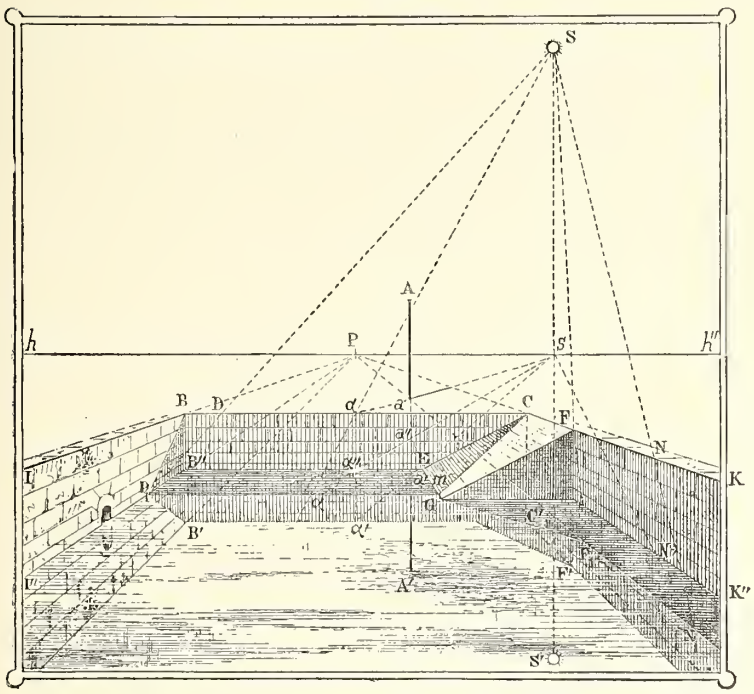
La remarque précédente permettra de simplifier beaucoup les problèmes relatifs aux images réfléchies et aux ombres portées et d'y utiliser ce que nous avons appelé *des boîtes.* Nous avons vu, en effet, qu'un objet, si compliqué soit-il, peut être renfermé dans une boîte convenablement choisie mais toujours très simple (un prisme, un cylindre, etc.....). On cherchera, suivant le cas, l'image ou l'ombre portée de cette boîte et dans la boîte ainsi figurée en *perspective de perspective*, on fera apparaître l'objet qu'elle renferme ; cela sera relativement facile en se servant d'échelles convergentes, ainsi que nous l'avons déjà montré tant de fois.

§ II. — Applications

237. Images réfléchies par une nappe d'eau.

(*a*) *Problème préliminaire.* — Abaisser, en perspective, d'un point A une perpendiculaire sur un plan horizontal et la prolonger au-delà, d'une longueur égale. (Nous nommerons ce plan le miroir.) Tel est le problème de la réflexion par une nappe d'eau.

Fig. 330



Soit (fig. 230) IBCK le bord d'un mur de quai horizontal. Soit I″B″...K″ la trace, sur ce mur, d'une nappe d'eau constituant un miroir horizontal. Si l'on veut l'image B′ du point B de la *crête* du mur, on mènera la verticale BB″ et on la prolongera de B″ en B′, au-delà de la nappe d'eau, d'une longueur égale à elle-même.

On remarquera que toutes les lignes horizontales telles que IB-BC-CK, se réfléchissant dans un miroir horizontal, donneront des images horizontales parallèles aux lignes elles-mêmes et qui, par conséquent, auront les mêmes points de fuite.

(*b*) *Image d'un point isolé.* — Soit à chercher l'image d'un point A qui n'est pas situé à plomb du mur ; prenons par exemple la lanterne A d'un réverbère ; le sommet d'un arbre ou celui d'un clocher, etc...

1° On mène la verticale A*a* ;

2° Par son pied *a* sur le terre-plein du quai, pris comme plan géométral, on mène une horizontale quelconque *a*α, jusqu'en α où elle rencontre la crête BC, et l'on cherche en α′ l'image de α comme ci-dessus, pour le point B ;

3° On mène α′*a*′*s* parallèle perspectivement à α*as*, c'est-à-dire convergeant au même point de fuite *s*. — On en déduit en *a*′ l'image (cachée d'ailleurs) du point *a* et menant la verticale descendante *a*′A′ égale à la verticale montante *a*A, on a en A′ l'image du point A.

(*c*) *Remarque.* — La verticale *a*A, qui est vue tout entière, a son image cachée en partie par celle de la crête du mur de quai.

(*d*) *Image d'un astre, c'est-à-dire d'un point situé à l'infini.* — Soit S la perspective du soleil dans l'espace. Sa projection *s*, sur le géométral, se trouvera sur la ligne d'horizon *hh*′ puisque le soleil est supposé à l'infini.

La nappe d'eau, considérée comme un géométral, aurait aussi pour ligne d'horizon la ligne *hh*′. Le point *s* est donc aussi la projection du soleil sur la nappe d'eau, et en prenant *s*S′ égale à *s*S nous aurons en S′ l'image du soleil.

Ainsi donc on obtient l'image réfléchie d'un astre dans une nappe d'eau en prenant le point symétrique de sa perspective par rapport à la ligne d'horizon.

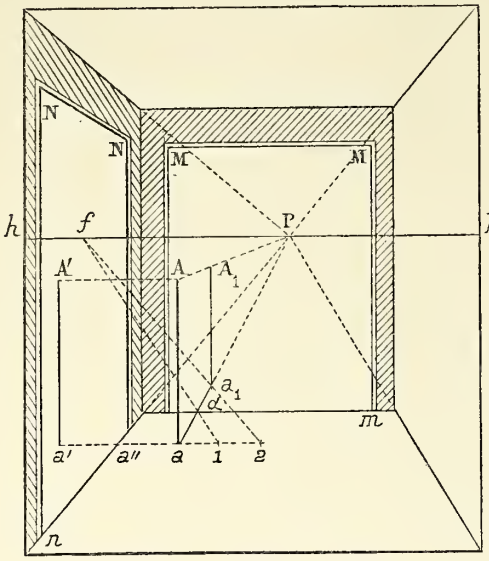
(*e*) *Ombres.* — (Seront expliquées plus loin, ch. X.)

238. Image dans un miroir vertical (fig. 331).

(*a*) *Le miroir est perpendiculaire au tableau,* — Soit NM ce miroir. Sa trace géométrale, *na*″, a pour point de fuite le point principal P. — Soit A*a* une droite verticale dont

on cherche l'image dans ce miroir. La perpendiculaire aa' abaissée sur le plan du miroir est une ligne de front. Elle recoupe en a'' la trace na'' du miroir ; on la prolongera,

Fig. 331

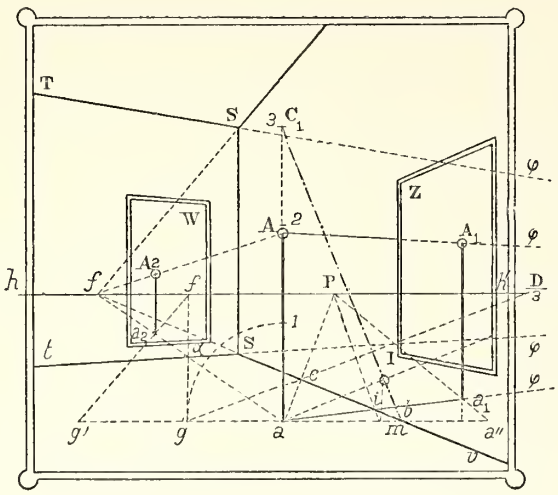


sans réduction perspective, puisqu'elle est de front, de a'' en a' d'une longueur égale, ce qui donnera, en a', l'image du point a et en A' celle du point A.

(*b*) *Le miroir est parallèle au plan du tableau.* — Si le miroir MM est de front, les droites telles que aa_1 et AA_1 qui lui sont perpendiculaires ont, toutes, pour point de fuite le point principal P.

On abaissera donc facilement $a\alpha$ perpendiculaire sur la

Fig. 332



trace géométrale, $m\alpha$, du miroir et, par la construction connue, en utilisant un point de fuite quelconque f on prolongera cette droite d'une longueur αa_1 égale à elle-même. — L'image A_1 se déduit ensuite facilement de l'image a_1.

(*c*) *Le miroir vertical est quelconque* (fig. 332). — Soit en Sv, la paroi verticale d'un mur quelconque sur lequel est fixé un miroir Z. On donne le point principal P et le point tiers de distance, 1/3 D, de droite.

Trouver l'image a_1 du point a placé dans le géométral, revient : 1° à abaisser une perpendiculaire aia_1 sur la droite Sv et 2° à la prolonger jusqu'en a_1 d'une longueur, ia_1, perspectivement égale à ia.

Pour mener cette perpendiculaire, on a fait un relèvement du géométral autour de la ligne de front ab comme charnière (v. n° 184). La droite bc a été relevée en bC_1. — On a mené sur le relèvement aI perpendiculaire sur bC_1 et on a remis en place le point I en i. Le reste de l'épure se comprend facilement.

(*d*) *Remarques.* — 1° La droite ai aurait un point de fuite inaccessible φ sur la ligne d'horizon. Si nous avions à dessiner la trace St d'un second mur perpendiculaire au premier, cette trace aurait aussi φ pour point de fuite. Toutes ces lignes aboutissant au point inaccessible φ se traceront avec le Té-brisé.

2° Si nous avions un second miroir W, fixé au second mur vertical St, les droites telles que aa_2 et AA_2 perpendiculaires à ce miroir auraient le même point de fuite f que la trace vS du premier mur.

3° Si on avait à résoudre le problème : « *Abaisser d'un point une perpendiculaire sur un plan quelconque* », on prendrait un nouveau géométral perpendiculaire au plan donné et l'on serait ramené au cas précédent où le plan est un mur vertical. (Voir au paragraphe suivant, n° 239 — *b*, la solution de cette question.)

239. Image de l'œil dans un miroir. — Nous traiterons les questions qui vont suivre comme application de la seconde méthode dite du *symétrique de l'œil*. C'est pourquoi nous commencerons par résoudre le problème auxiliaire suivant :

(*a*) *Problème.* — *Abaisser de l'œil une perpendiculaire sur un plan et la prolonger au-delà de ce plan d'une longueur égale à elle-même*, autrement dit : *Trouver l'image de l'œil par réflexion, dans un plan quelconque.*

Supposons d'abord le plan vertical.

Nous raisonnerons sur le croquis perspectif ci-contre (fig. 333). Q est le plan du miroir. On abaisse de l'œil, ou point de vue, la perpendiculaire OK et on la prolonge en KO_1 d'une longueur égale. — O_1 est le symétrique de l'œil et o_1 en est la projection géométrale. La perspective du point O_1 de l'espace est le point φ, point de fuite des droites perpendiculaires au plan du miroir ; sa projection géométrale o_1, a pour perspective o'_1.

Or, soit GL la trace géométrale du miroir et Gl la perspective de cette trace. La verticale KL est coupée en deux

parties égales par le point J situé sur le rayon visuel Oo_1, ce qui tient à ce que $OK = O_1K$. On a donc aussi

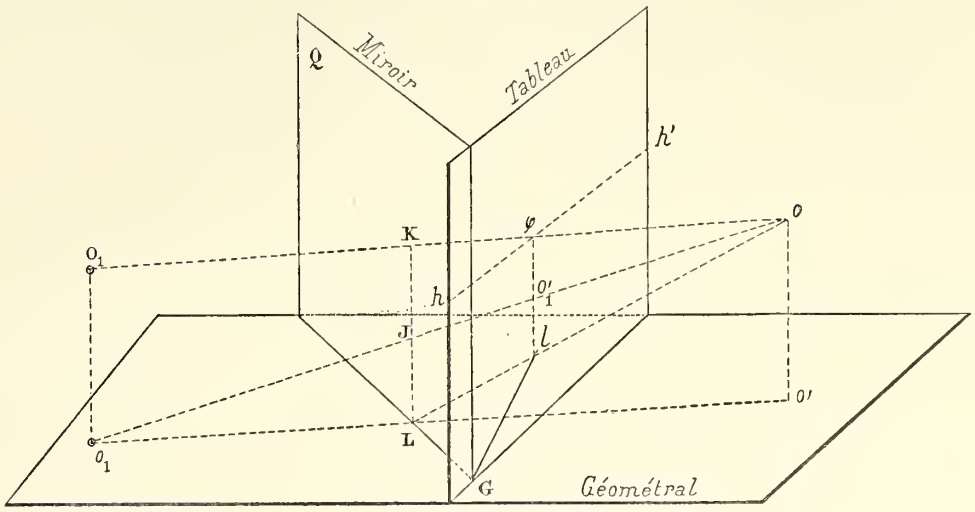
$$\varphi o'_1 = o'_1 l.$$

Par conséquent nous pouvons dire (fig. 334) :

1° Que l'image O_1 de l'œil dans le miroir a pour perspective le point de fuite φ des droites perpendiculaires au plan du miroir ;

2° Que sa projection O'_1 sur un géométral quelconque est

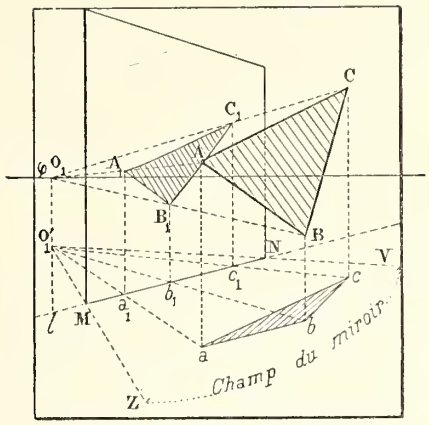
Fig. 333



située sur la perpendiculaire menée à ce géométral par le point précédent φ et à moitié de la distance φl comprise entre ce point et la trace géométrale du miroir. Cela posé :

Soit (fig. 334) sur un tableau, un miroir vertical MN. On cherche comme au n° précédent, le point de fuite φ des droites perpendiculaires à son plan. — Le point φ, aussi

Fig. 334



bien que le point O_1, est l'image de l'œil ; le point O'_1 situé au milieu de O_1l, est l'image de sa projection géométrale.

Le champ du miroir est limité, en géométral (fig. 334) par les droites O'_1NV et O'_1MZ.

(*b*) *Application.* — Comme application, pour avoir l'image d'un triangle abc — ABC, situé dans le champ du miroir, nous menons les droites O_1A, — O_1B, — O_1C de l'espace ainsi que leurs projections géométrales O'_1a, — O'_1b, — O'_1c et nous prenons en A_1B_1 et C_1 les intersections de ces droites avec le plan MN. Le triangle $A_1B_1C_1$ est l'image du triangle ABC.

(*c*) *Remarque.* — Par cette méthode le problème des images réfléchies est ramené au problème des ombres puisque $A_1B_1C_1$ peut être considérée comme l'ombre portée par ABC sur le miroir, en prenant le point $O_1O'_1$ comme flambeau.

Cette deuxième méthode a comme avantage de fixer immédiatement le champ du miroir et de se rendre compte, *à priori*, des points qui donneront des images visibles ; ce sont les seuls dont on ait à s'occuper dans un tableau.

240. Image d'un point dans un miroir incliné.

Traitons maintenant le cas général où le miroir plan occupe une position inclinée, tout à fait quelconque. Soit ABC, *abc* (fig. 335) un miroir triangulaire (1). Cherchons d'abord le champ de ce miroir.

(*a*) *Changement de géométral.* — Menons une ligne de front ag — AG du triangle. — Prenons un nouveau géométral x_1y_1 perpendiculaire à cette ligne de front. — Déterminons en D_1 le point de distance principal de ce géométral, situé sur sa ligne d'horizon $h_1h'_1$ laquelle, on le sait, passe par p. L'intersection des deux géométraux est px_1(x_1 étant le croisement des deux lignes de terre).

Par des lignes de rappel telles que $bb''b_1$ et par des projetantes telles que Bb_1 nous obtenons en $b_1a_1c_1$ (situés en ligne droite), la projection du triangle sur le nouveau géométral. Cette ligne est la trace du plan du miroir sur le nouveau

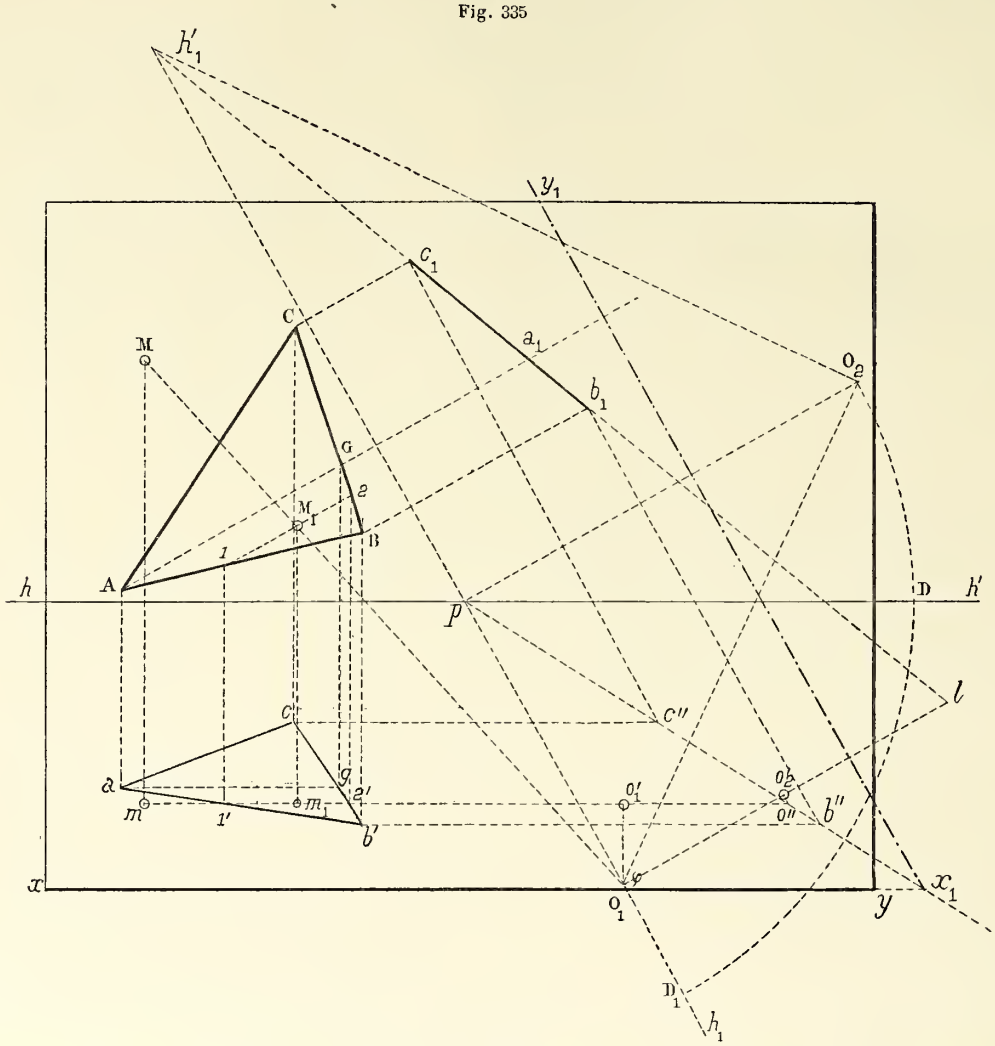
(1) On a pris un triangle parce que l'on est sûr ainsi que les trois lignes AB — BC et CA, qui limitent le miroir, sont dans un même plan.

géométral et nous sommes ramenés au cas précédent. Nous obtenons en h'_1 le point de fuite de cette trace.

(*h*) *Symétrique de l'œil.* — Nous faisons le rabattement de l'œil en O_2 sur une perpendiculaire à la nouvelle ligne d'horizon $h_1h'_1$. — Nous joignons h'_1O_2. — Nous menons à cette droite une perpendiculaire $O_2\varphi$ qui nous donne en φ le point de fuite des normales au miroir. — D'après ce qui précède, φ est aussi la perspective du symétrique de l'œil par rapport au miroir.

Menons φl perpendiculaire sur hh'; prenons le milieu o'_2 de la portion de cette ligne comprise en hh' et ab_1 prolongé, et nous aurons en o'_2 la projection du symétrique de l'œil sur le nouveau géométral. — On aura sa projection o'_1 sur l'ancien géométral à l'aide des lignes de rappel $o'_2o'o''_1$.

Fig. 335



Finalement nous avons donc au point double $O_1\varphi$: 1° le point de fuite des perpendiculaires au miroir ; 2° la perspective du symétrique de l'œil, et, en o'_1 la perspective de la projection sur le géométral ancien de ce symétrique. Cela posé:

(*c*) *Champ du miroir.* — Nous aurions le champ du miroir en joignant O_1 aux trois points de l'espace ABC, et o'_1 aux trois points du géométral *abc*. Tout point tel que M*m* situé dans ce champ, aussi bien dans l'espace qu'en projection géométrale, fera image.

(*d*) *Image d'un point* M*m*.— Pour chercher cette image appliquons ce qui a été dit en commençant. 1° Joignons le point M*m* au symétrique de l'œil $O_1o'_1$, ce qui donne la droite $MO_1 - mo'_1$. 2° Cherchons, par la méthode connue, c'est-à-dire en prenant le plan projetant géométralement cette droite pour plan auxiliaire, son intersection M_1m_1 avec le miroir, et nous aurons en M_1 l'image cherchée. (Voir n° 215, intersection d'une droite et d'un plan.)

(*e*) *Remarque.* — Si on a un objet dont il faille chercher l'image dans un miroir : 1° on entourera ledit objet dans une *boîte d'épannelage* aussi simple que possible ; 2° on cherchera l'image de cette boîte et 3° dans son intérieur, en se servant d'échelles divergentes, on placera tous les détails de l'image perspective de l'objet.

En résumé une image réfléchie, aussi bien qu'une ombre portée sur un plan, peuvent toujours être considérées comme la *perspective d'une perspective*, et c'est pourquoi l'emploi des boîtes et des échelles divergentes est tout indiqué.

CHAPITRE X

OMBRES, EN PERSPECTIVE

§ I. — Généralités

241. Lumière au flambeau. — Positions diverses du flambeau.

Pour définir un flambeau, on se donnera 1° sa perspective F et 2° celle de sa projection f sur le géométral. — Ce flambeau peut occuper plusieurs positions par rapport au spectateur et au tableau, positions qu'il faut savoir reconnaître. Bien entendu, nous le supposons toujours au-dessus du géométral. — Les figures suivantes se rapportent à ces positions diverses.

Figure 336. — Le flambeau est situé derrière le tableau, c'est-à-dire dans l'espace réel. On a cherché en aa' l'ombre portée sur le géométral par une verticale Aa.

Figure 337. — Le flambeau est situé entre le tableau et le spectateur, c'est-à-dire dans l'espace intermédiaire. On a cherché l'ombre portée ab_1a_1 par une verticale Aa, sur un mur, mp, et sur le géométral.

Figure 338. — Le flambeau est dans le plan neutre. — Dans ce cas les deux perspectives du flambeau sont à l'infini,

Fig. 336 — *Flambeau derrière le tableau*

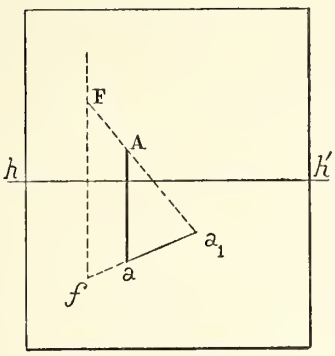


Fig. 337 — *Entre le spectateur et le tableau*

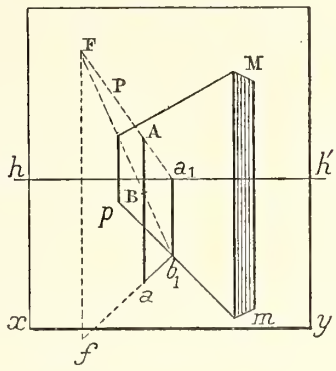


Fig. 338 — *Dans le plan neutre*

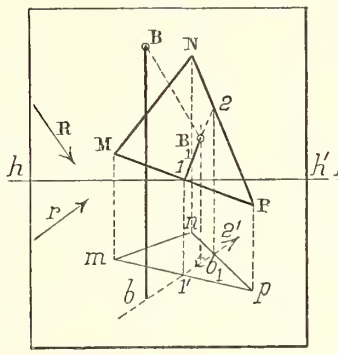
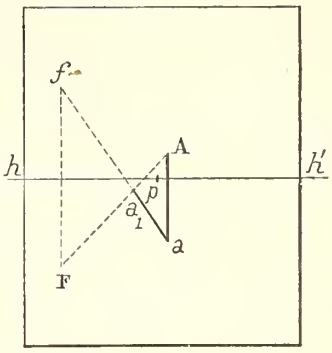


Fig. 339 — *Derrière le spectateur*



et l'on doit donner les directions R et r des rayons lumineux en perspective. — Ainsi, dans ce cas, les rayons lumineux sont convergents dans l'espace, mais en perspective ils sont parallèles à R dans l'espace et à r en projection géométrale.

Sur cette figure 338 on a cherché en B l'ombre portée par un point B sur le plan d'un triangle MNP — mnp. — C'est le problème connu : intersection d'une droite et d'un plan (voir n° 215).

Figure 339. — Le flambeau est derrière le spectateur, c'est-à-dire dans l'espace virtuel. On a encore cherché dans ce cas l'ombre portée, aa_1, sur le géométral par une verticale Aa. On remarquera que le flambeau est, dans l'espace, situé *à droite* du spectateur précisément parce que sa perspective F paraîtra *à gauche* du point p. Il y a le renversement que nous avons signalé plus haut (voir n° 212).

242. Lumière au soleil. — Positions diverses du soleil.

Le soleil sera donné par sa perspective S (ce sera le point de fuite des rayons lumineux dans l'espace), et par celle de sa projection géométrale s, située sur la ligne d'horizon ; s sera le point de fuite des rayons lumineux en projection géométrale. On se servira ensuite des points S et s comme on vient de le faire dans le cas du flambeau, pour les points F et f,

Supposons toujours le soleil au-dessus du géométral. Les rayons qu'il envoie peuvent venir d'arrière en avant par

rapport au spectateur ; c'est le cas de la figure 340. Ils peuvent venir d'avant en arrière ; c'est le cas de la figure 341. Enfin ils peuvent être de front ; dans ce cas (fig. 342), ils seront parallèles en perspective aux deux droites de front R dans l'espace et r en projection géométrale.

Les problèmes d'ombre se résolvent en perspective comme

Fig. 340

Soleil derrière le spectateur et à sa droite.

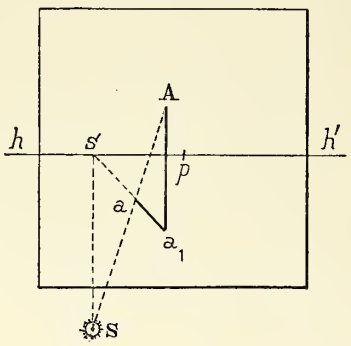


Fig. 341

Soleil devant le spectateur et à sa gauche

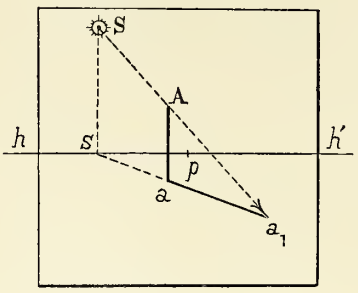
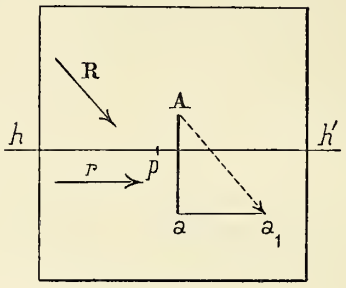


Fig. 342

Soleil dans le plan neutre et à gauche du spectateur.

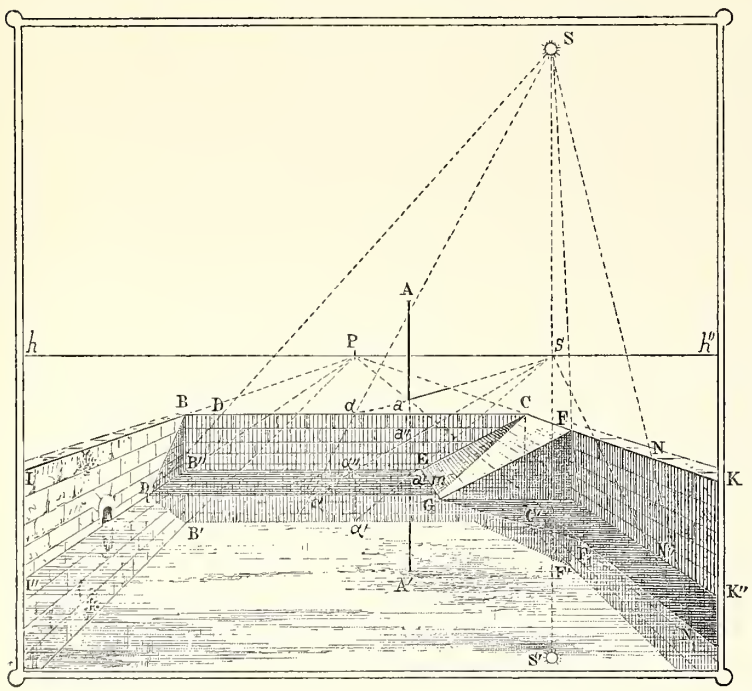


en descriptive, en employant les trois méthodes générales.

Celle des projections obliques est la plus facile à appliquer comme nous allons le montrer dans les exemples qui vont suivre.

243. Ombres portées sur des plans horizontaux (figure 343).

Fig. 343



Nous reprenons ici la figure qui a servi pour les images réfléchies dans une nappe d'eau. S est le soleil et s sa projection géométrale, située sur la ligne d'horizon.

La verticale Aa donne une ombre portée sur le terre-plein du quai qui est αa, ayant s pour point de fuite.

Le point α du mur de quai donne comme ombre portée sur le plan d'eau le point α_1. — L'ombre portée par la crête BC sur le plan d'eau est parallèle à cette crête et, par conséquent, c'est une droite de front $D_1\alpha_1$. Elle rencontre en D_1 le le mur de gauche, et par conséquent, D_1B est l'ombre portée par la crête BC sur ce mur. L'ombre $D_1\alpha_1$, portée par DC sur l'eau, rencontre en m la droite EG où la rampe plonge dans l'eau ; par conséquent, mC est le décrochement de l'ombre portée par la crête BC sur le plan incliné de la rampe.

On cherche en N_1 l'ombre portée sur le plan d'eau par un point N de la crête de droite CK, et on en déduit en N_1P parallèle perspectivement à CK l'ombre de cette crête sur le plan d'eau.

Enfin on fait ressauter par un rayon lumineux direct, SF, le point F en F_1 sur l'ombre qui vient d'être obtenue et l'on en déduit en GF_1 l'ombre portée par la droite inclinée GF.

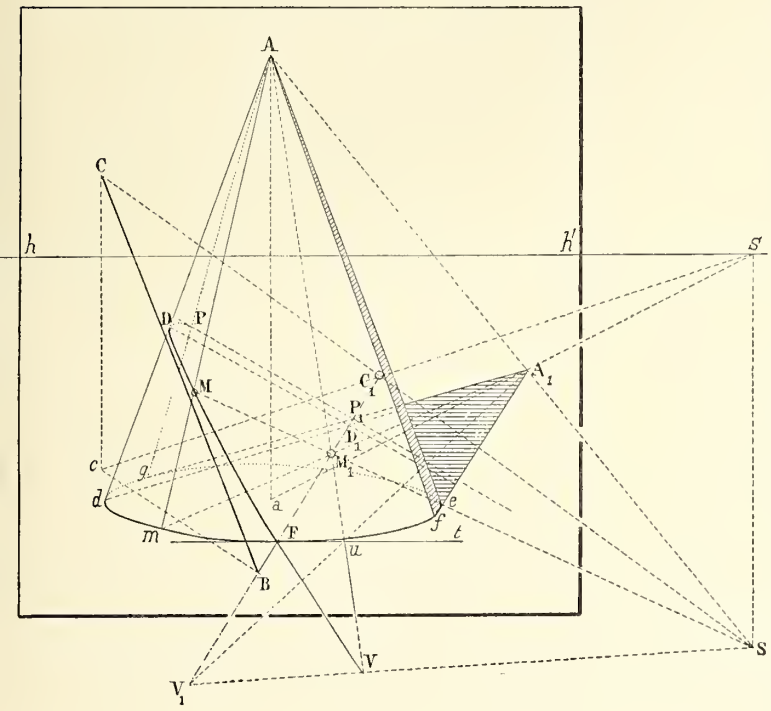
244. Ombres portées et reçues par un cône.

(*a*) *Données.* — Soit (fig. 344), sur le géométral, la base, $dmfe$, d'un cône ; soit Aa son sommet. Le contour apparent perspectif du cône s'obtient en menant de la perspective A du sommet les deux tangentes Ad, Ae, à l'ellipse, perspective de la base du cône. On donne en outre en BC-Bc la perspective d'une droite et en Ss la perspective (virtuelle), du soleil. On demande de déterminer toutes les ombres, propres ou portées.

(*b*) *Ombre portée par le cône sur le géométral.* — On cherche en A_1 l'ombre portée par le sommet A sur le géométral ; et les deux tangentes A_1f et A_1g, menées de ce point à la base du cône limitent l'ombre portée.

(*c*) *Ombre propre du cône.* — Ce sont les deux génératrices A*f* et A*g* aboutissant aux points de tangence qui viennent d'être déterminés. L'une d'elles A*f* est vue, et se trace en trait plein, l'autre A*g* est cachée et se trace en ponctué.

Fig. 344



(*d*) *Ombre portée par la droite* BC *sur le géométral.* — On détermine en C_1 l'ombre d'un point C de la droite et l'ombre portée par cette droite est BC_1 ; elle est à conserver seulement de B en F où elle rencontre la base du cône ; à partir du point F l'ombre va se décrocher sur le cône.

(*e*) *Ombre portée par la droite sur le cône.* — Soit à trouver le point M de l'ombre, situé sur une génératrice quelconque A*m* du cône.

1° On cherche en mA_1 l'ombre portée sur le géométral par cette génératrice. 2° Elle rencontre en M_1 l'ombre BC_1 portée par la droite BC. 3° On remonte par un rayon inverse SM_1 au point M cherché.

(*f*) *Points importants de l'ombre.*

1° *Point de pliure* F. — Il est obtenu *a priori* par la rencontre de BC_1 avec la base du cône. Pour avoir la tangente à la courbe en ce point nous chercherons l'ombre portée par la droite BC sur le plan tangent au cône au point F. Pour cela, nous considérerons le plan tangent comme un cône qui aurait aussi A pour sommet, mais dont la base, au lieu d'être une ellipse, serait la droite F*t* tangente à cette ellipse au point F. Nous ne changeons donc pas de méthode. — A*u* est une génératrice de ce *cône-plan* ; A_1u, en est l'ombre portée sur le géométral ; elle rencontre en V_1 l'ombre portée BC_1 et le rayon inverse V_1S donne en V un point de l'ombre portée sur le plan tangent ; FV est donc la tangente demandée.

2° *Point* D *sur le contour apparent.* — A_1d est l'ombre portée sur le géométral par la génératrice de contour apparent AD*d* ; elle rencontre en D_1 l'ombre BC_1 ; le rayon inverse SD_1 donne le point cherché D. En ce point la courbe est tangente au contour apparent.

3° *Point de perte* P. — Son ombre sur le géométral est le point P_1 situé à la fois sur l'ombre portée du cône et sur BC_1. Le rayon inverse SP_1 donne le point de perte P (caché). En ce point la tangente est le rayon lumineux SP dans l'espace.

(*g*) *Nota.* — Les points S et *s* sont ici presque inaccessibles. Nous avons indiqué, dans le cas où ils le seraient complètement, l'usage à faire du Té-brisé. (V. plus loin n° 247.)

245. Ombres portées et reçues par un cylindre creux. (Voûte en berceau).

(*a*) *Données.* — Soit (fig. 345), en perspective, un berceau ayant sa courbe de tête dans le mur vertical fuyant R*r* — Q*q*, et limité, pour l'autre tête, au plan vertical parallèle au précédent et passant par la verticale V*v*. — Soit ADB la courbe de tête. — Soit S le soleil dans l'espace, et *s* sa projection, située à l'infini, sur le géométral, c'est-à-dire sur la ligne d'horizon.

On veut trouver l'ombre portée dans l'intérieur du berceau par cette courbe et par l'arête A*a* du piédroit ainsi que les ombres portées sur le plan horizontal.

(*b*) *Principe de la méthode.* — Le problème revient à trouver l'intersection de deux cylindres ayant une même base, qui est la ligne *a*ADB*b* (Nous considérons les piédroits A*a* et B*b* comme formant un même cylindre avec le berceau). — Le premier cylindre est le berceau ; ses génératrices fuient en *f'* ; le second est le cylindre d'ombre. Sa directrice est aussi *a*ADB*b*, mais ses génératrices sont des rayons lumineux et fuient en S dans l'espace et en *s* sur le géométral.

On coupe les deux cylindres par des plans parallèles à la fois à leurs deux génératrices, c'est-à-dire par les plans d'ombre des génératrices du berceau ; en réalité on emploie la méthode des plans sécants.

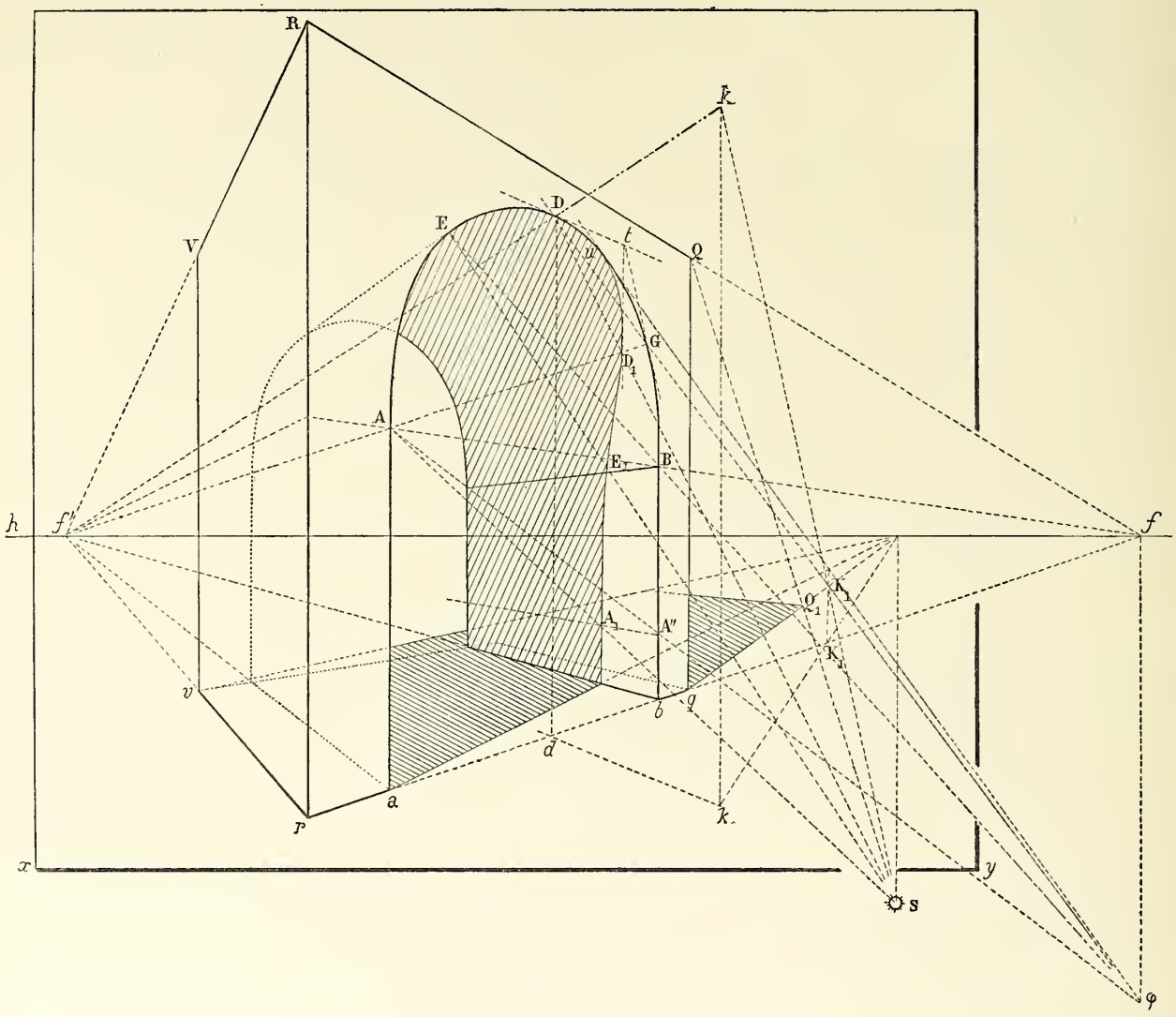
Soit DK — *dk* une génératrice du berceau. Menons le rayon lumineux du point K*k*. — Soit SK — *sk* ce rayon. Il perce le mur de tête en K_1k_1 et par suite DK_1 est la trace, sur le plan de tête, du plan d'ombre de DK ; autrement dit, c'est l'ombre de la génératrice DK sur le plan de tête. — Prolongée, elle rencontre en φ la ligne de fuite de ce plan de tête ; φ est donc non seulement le point de fuite de DK_1 mais encore celui de toutes les traces des plans auxiliaires sur le plan de tête, puisque les rayons lumineux sont parallèles ; autrement dit : toutes les génératrices telles que DK donnent sur le plan de tête des ombres portées qui sont

parallèles entre elles, dans l'espace et qui, par conséquent, ont en perspective un même point de fuite φ.

(*c*) *Ombre d'un point.* — Cela posé : cherchons l'ombre du point D. — Le plan auxiliaire dont la trace sur le plan de tête est Dφ, recoupe la directrice du berceau en G. — Ce plan auxiliaire détermine donc une nouvelle génératrice G*f'* du berceau, et le point D porte ombre en D_1 à l'intersection de cette génératrice et du rayon lumineux de l'espace DS.

(*d*) *Tangente en ce point.* — Le plan tangent au cylindre d'ombre au point D, a pour trace sur le plan de tête, la tangente D*t* à la courbe de tête. — Le plan tangent au ber-

Fig. 345



ceau en D_1 a pour trace de tête la tangente G*t*, au point G extrémité de la génératrice D_1G. — Ces deux traces se coupent en *t*, et la tangente est tD_1.

(*e*) *Point d'origine.* — Du point φ menons la tangente φ*u* à la courbe de tête ; si nous appliquons au point *u* la construction précédente, nous reconnaissons que ce point porte ombre sur lui-même. C'est le point d'origine de la courbe d'ombre portée. — Nous savons que cette dernière est plane et que c'est une ellipse (Ombre du Pont).

La construction donnée pour la tangente ne s'applique pas ici, car, en ce point, les plans tangents aux deux cylindres sont confondus. — On aura la tangente en *u* en se basant sur ce que la courbe d'ombre portée est plane. — On en prendra trois points, uD_1E_1 par exemple, ce qui déterminera son plan. — On cherchera ensuite l'intersection de ce plan avec le plan tangent en *u*, soit au cylindre d'ombre, soit au berceau.

En tout cas, au point *u*, l'ombre n'est pas tangente à la courbe de tête.

(*f*) *Point de naissance.* — Le point K_1, de l'ombre portée, situé sur la génératrice B *de naissance*, à droite, s'obtient en faisant la construction en sens inverse, c'est-à-dire en joi-

gnant φB, prolongeant jusqu'en E sur la courbe de tête, menant le rayon lumineux ES et prenant son intersection avec la génératrice B.

Le point A, de naissance à gauche porte ombre en A_1 obtenu comme on a fait pour l'ombre D_1 du point D.

Le reste de l'épure se comprend facilement à l'inspection de la figure 345.

Nous donnerons plus loin, § II, quelques exemples de tracés d'ombres, en perspective.

246. Ombres portées, au soleil, sur des murs de front. — Remarque importante.

Nous avons vu dans la 1re partie de ce livre (ombres usuelles), les avantages que présentait la méthode des projections obliques pour la recherche des ombres. Ils existent surtout pour les ombres au soleil parce que, dans ce cas, les ombres portées sur le plan auxiliaire de projections obliques donnent une *perspective cavalière* de l'objet. Or dans une perspective cavalière les lignes parallèles restent parallèles et leurs rapports se conservent, ce qui permet, dans une *boîte d'épannelage* préalablement mise en place, de dessiner très facilement et très exactement les détails d'un objet que l'on connaît géométralement.

Cela posé : si dans un tableau perspectif nous avons à résoudre des problèmes d'*ombres au soleil* nous aurons avantage, après avoir entouré les objets dans leurs boîtes d'épannelage, à prendre un plan de front pour plan de projections obliques. En effet les ombres portées y seront dans l'espace, des perspectives cavalières. Mais comme pour des plans de front le parallélisme des lignes se conserve, elles le seront aussi en perspective linéaire et leur tracé sera très facile à réaliser.

On remarquera que cela ne serait plus vrai 1° si la lumière était au flambeau ; 2° si, tout en éclairant par le soleil, le plan de projections obliques n'était pas de front.

247. Emploi du Té-brisé dans les problèmes d'ombres.

(*a*) *Position de la question.* — Nous avons vu, que pour avoir (fig. 346) l'ombre portée a_1 par un point A de l'espace sur le géométral, il faut :

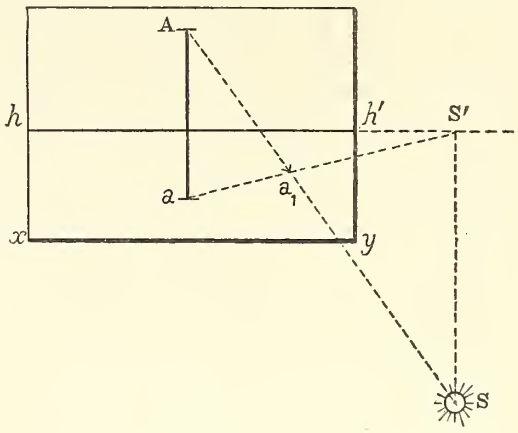
1° Joindre le point A de l'espace à la perspective S du soleil dans l'espace (S est ordinairement une perspective virtuelle) ;

2° Joindre le point a, projection de A sur le géométral, au point S′, projection du soleil sur le géométral (S′ est sur l'horizon et à plomb de S), et le point de rencontre des deux droites, l'une, Aa_1 rayon lumineux dans l'espace, l'autre aa_1 projection de ce rayon sur le géométral, donne en a_1 l'ombre portée par A sur le géométral.

Il faudra répéter cette construction autant de fois qu'il y aura de points; c'est-à-dire très souvent. Or le plus souvent, S′ sera inaccessible sur la ligne d'horizon et à plus forte raison S ; l'emploi des délinéateurs de convergence s'imposera donc et spécialement celui du *Té-brisé.*

(*b*) *Mise en place des épingles.* — Cherchons donc à placer

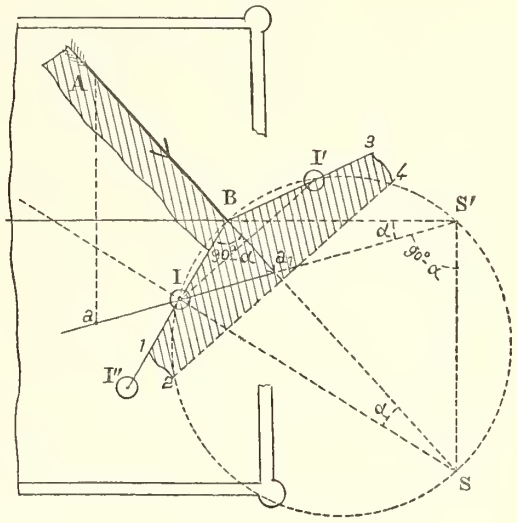
Fig. 346



les épingles pour mener toutes ces fuyantes en se servant d'un **Té-brisé** d'angle donné α (fig. 347).

Pour les lignes telles que aa_1S' dont le point de fuite est sur l'horizon, la question est résolue (V. nos 165 et suivants).

Fig. 347



Pour les rayons tels que AB qui fuient en S′, prenons, en B, l'intersection de celui que l'on connaît avec la ligne d'horizon. Supposons en outre que le rayon projeté aa_1 fasse avec la ligne d'horizon l'angle α du té-brisé : s'il n'en était pas ainsi on le mènerait.

2° Par le point B, en nous servant du té-brisé placé comme l'indique 1, 2, 3, 4, menons une droite BI faisant avec AB un angle complémentaire de l'angle α. Soit I son point de rencontre avec aa_1. Les quatre points IBS et S′ sont sur une même circonférence à cause de l'égalité des angles IBS et

IS'S. Donc l'angle ISB est égal à l'angle IS'B et par conséquent égal à α.

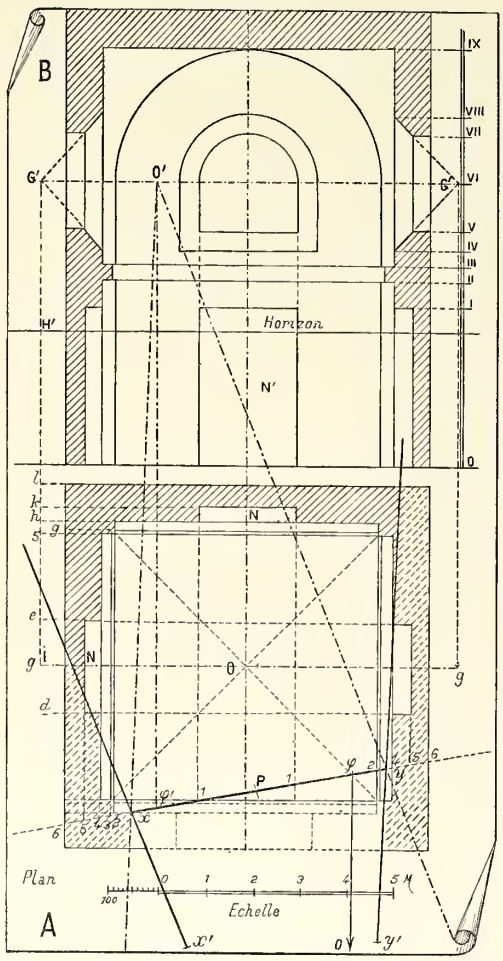
En piquant une épingle en I et l'autre en I' symétrique de I par rapport à AB, on pourra donc, avec ces épingles, se servir du **té-brisé**. On pourrait encore, puisque l'angle BIS est droit, placer une première épingle en B, et une autre au point I'' symétrique de B, par rapport à IS.

§ II. — Applications

248. Perspective d'une salle voûtée.

(*a*) *Données.* — 1° *La salle.* — La figure 348 donne en A le plan et en B la coupe de la salle à représenter. Cette salle est carrée et elle est couverte par une voûte d'arêtes (1), qui

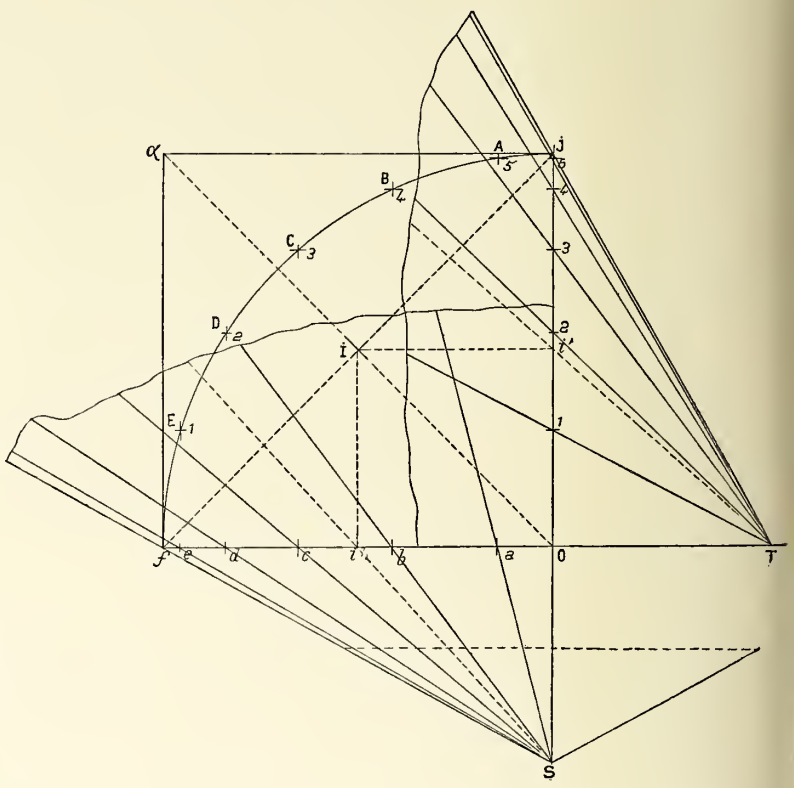
Fig. 348



n'est autre chose que l'intersection de deux cylindres, dans le cas particulier où cette intersection est formée de deux courbes qui sont planes et, par conséquent, elliptiques. A la partie inférieure les murs sont évidés par de fausses portes N,N',... faisant l'effet de niches. La porte d'entrée serait en P. C'est du côté de cette porte d'entrée que l'on supposera placé le spectateur. — Enfin à la partie supérieure les parois de la salle sont percées de fenêtres cylindriques avec *ébrasements* coniques. On voit en gG' les sommets de ces cônes.

2° *Choix du point de vue.* — Il serait inadmissible de supposer le point de vue dans l'intérieur de la salle. L'angle optique qui en serait la conséquence serait beaucoup trop grand. Nous avons pris en xy (fig. 348-A) le tableau dans une position oblique et nous avons figuré en xx' et yy' les côtés de l'angle optique. Leur prolongement donnerait un point

Fig. 349



de vue très en dehors de la feuille ; c'est pourquoi nous avons fait en o' un retournement du point de vue. Sur la figure 348 on a mené xo' parallèle à yx' et yo' parallèle à xx', ce qui a donné, par un recoupement accessible, en o' le symétrique de l'œil, O, inaccessible.

Nous conseillons pour faire la recherche d'un bon point de vue, même inaccessible comme dans le cas actuel, de se servir du chercheur dont nous avons indiqué la construction et l'usage au n° 172.

Le spectateur ainsi placé se trouve très en dehors de la

(1) Voir Stéréotomie, §§ 102, 103,....

salle et il ne la verrait que par l'ouverture de la porte, ce qui serait insuffisant. C'est pourquoi nous faisons l'hypothèse que le mur P de la salle est démoli du côté du spectateur de façon à ne pas masquer la vue. Cette hypothèse entraînera quelques conséquences dans la représentation perspective ; nous les signalerons plus loin.

(*b*) *Mise en perspective de l'ensemble.*

1° *Le plan.* — Nous procédons comme à l'ordinaire.

Le symétrique de l'œil, o' (épure) a donné en φ' le symétrique du point de fuite φ des dominantes et en $o'\varphi'$ la distance accidentelle correspondante.

On voit (fig. 350), en $hh'xy'$, le petit tableau. Le géométral est abaissé en $x'y'$ Le grand tableau est pris en XY, et en X'Y' à la largeur que l'on veut. Ici, le rapport d'amplification est quelconque ; il est sensiblement égal à 25/7. On voit en δ le point réduit de distance accidentelle de la direction φ. On a pris $\varphi\delta$ (tableau) $= o'\varphi'$ (épure). Le point δ est donc, en réalité, le point de 7/25 de distance.

La mise en place du plan géométral abaissé A a été faite comme on sait (voir n° 147,...). On voit en β et β, sur la base du tableau, les bandes de papier qui ont servi à mettre en profondeur les points situés sur les dominantes numérotées 2 qui passent par les sommets F'F'... du carré des piédroits de la voûte.

Ne pas oublier de placer en g et g les perspectives géométrales des sommets des cônes d'ébrasement des fenêtres.

2° *Mise en hauteur des ensembles.* — On a supposé que tous les demi-cercles étaient entourés par leurs demi-carrés circonscrits, et que les ellipses d'arêtes étaient inscrites dans un rectangle. Dans la mise en hauteur des ensembles on ne s'est occupé d'abord que de ces carrés et de ces rectangles. On a limité à six les niveaux I, II, III, IV,... les plus importants et la mise en hauteur a été faite comme il a été dit (n°s 201 et 202) en utilisant, à gauche, un mur fuyant latéral. La figure 350 montre, en trait pointillé un peu fort, les perspectives $FF\alpha\alpha$ — $ff\alpha\alpha$, etc., de ces rectangles et de ces carrés circonscrits. Il y a de nombreuses vérifications que la figure 350 indique et sur lesquelles il est inutile d'insister.

(*c*) *Les voûtes d'arêtes.* — Nous avons supposé que les voûtes plein cintre étaient divisées en onze voussoirs égaux, dont un voussoir de clef. En conséquence, nous avons construit (fig. 349) deux échelles circulaires divergentes répondant à la division du cercle en onze parties ; et même nous n'avons eu besoin de tracer que la moitié de ces échelles, car il est évident que nous pouvons opérer dans les quarts de carrés tels que $foJ\alpha$, au lieu de prendre les demi-carrés complets. Nous servant de ces échelles comme il a été dit au n° 183, nous avons obtenu, par onze points pour chacun, les perspectives des deux cercles placés sur les murs latéraux de la salle.

Les arêtes elliptiques, qui sont à la croisée des voûtes, ont été obtenues à l'aide des mêmes échelles divergentes, mais en opérant dans des rectangles circonscrits au lieu de carrés. En effet, il est à remarquer que les montées des ellipses sont les mêmes que celles des cercles et que, par conséquent, les onze points de ces ellipses ayant les mêmes ordonnées (ou hauteurs) que les onze points des cercles, auront leurs abscisses proportionnelles à celles des points correspondants des cercles. Donc les mêmes échelles peuvent servir.

En joignant deux à deux tous les points, on aura des génératrices de chacun des cylindres. Les unes doivent fuir au point φ ; ce qui donne des vérifications importantes. Les autres fuient, à gauche, à un point inaccessible.

(*d*) *Nota.* — On voit à droite en F'F une arête de piédroit sur laquelle viendrait retomber, en F, une des ellipses. Cette arête serait dans ce que nous avons nommé l'espace intermédiaire (n° 212). — Si l'on représentait ce piédroit, on ne saurait comment mettre cette représentation d'accord avec la démolition hypothétique du mur P. C'est pourquoi on le supprime sur le tableau ainsi que toute la portion FB de l'ellipse qui vient y aboutir. A la partie supérieure on trace la ligne ZZ du cadre à la hauteur voulue pour que cette suppression n'ait rien de choquant.

(*e*) *Les fenêtres coniques.* — On commence par déterminer les cercles d'ouverture en construisant en 1, 2, 3, 4 leurs carrés circonscrits. La méthode des huit points (n° 182) suffit ensuite pour les tracer en perspective.

Cela fait : on détermine en gG, gG_1.... les perspectives des sommets des cônes ; on remarqurra qu'ils sont sur les lignes d'axe telles que O_1G_1 φ menées par les centres O_1 et O des cercles formerets (1). Ayant les sommets on mène les principales génératrices des cônes et, en particulier, les lignes d'onglet des ébrasements telles que 22' — 11'.... ; on limite ces dernières aux verticales telles que LL'L''.... qui passent par les arêtes du fond des fausses portes, et cela donne en 1'2' les bases des carrés circonscrits aux cercles de base de la partie cylindrique des fenêtres.

Le reste de l'épure se comprend facilement.

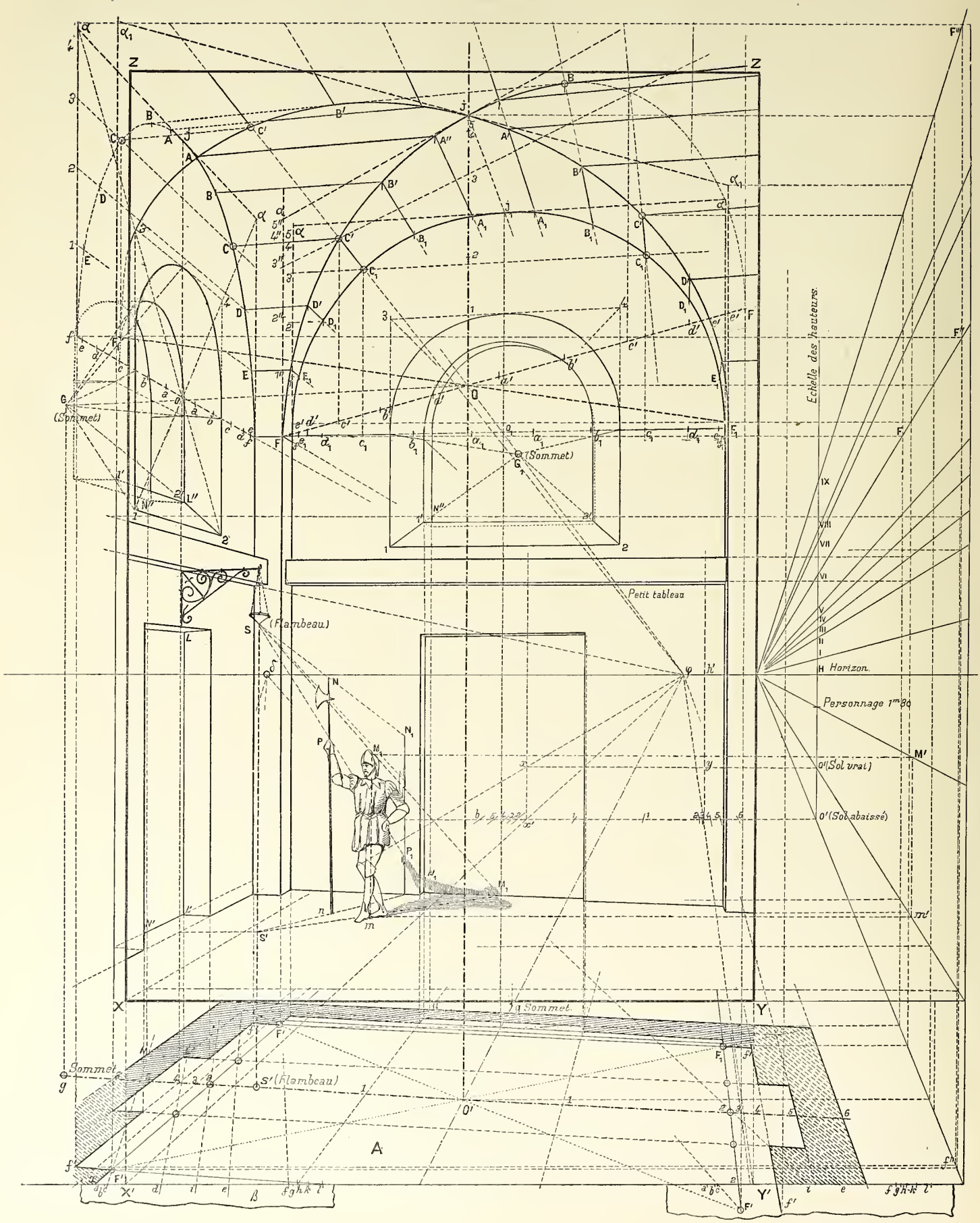
Nota. — Le lecteur fera bien d'exécuter cette épure sur des dimensions doubles, au moins, de celles du croquis ci-joint.

Il serait bon d'imaginer un dallage sur le sol et de figurer, en outre, toutes les lignes d'appareil de la construction.

Enfin, on pourra imaginer qu'en S (projeté géométralement en S') se trouve un flambeau éclairant la salle et tout ce qu'elle contient. Le croquis indique comment ont été obtenues en N_1P_1 et M_1 les ombres portées par les points les plus importants de certains détails. Pour le tracé des ombres, voir n° 241 et suivants.

(1) On nomme *formerets* d'une voûte d'arêtes les arcs qui sont noyés dans les murs latéraux de la salle.

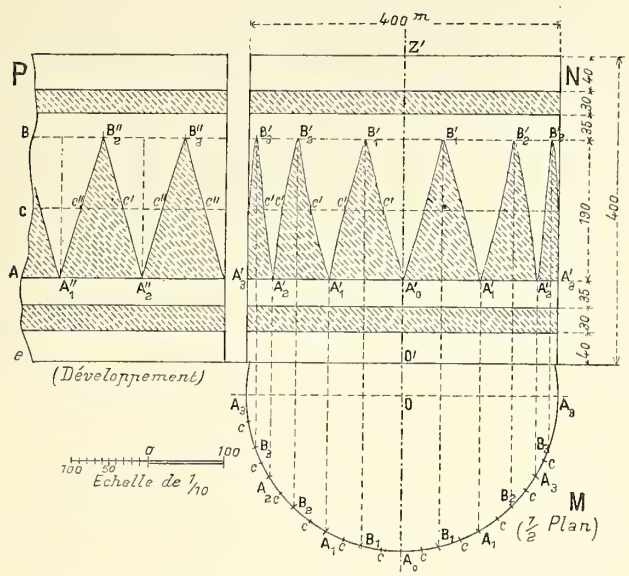
Fig. 350 (Tableau)



249. Perspective d'un cylindre supportant une corniche (1). (Application des méthodes de perspective directe.)

(*a*) *Données.* — Un cylindre, analogue à un fragment de fût de colonne, est représenté géométralement à l'échelle

Fig. 351 (Cylindre)



de 1/10 sur la figure 351. On voit en M son demi-plan, en N son élévation, et en P un fragment du développement de sa surface latérale, montrant le détail de sa décoration par dents de scie. Le tout est coté.

Un fragment de corniche avec modillons est représenté géométralement (fig. 353), à une autre échelle que le cylindre (à 1/5). On voit en Q l'élévation et en R la coupe de ce fragment. (Voir la fig. 353, page 212.)

Enfin, on se donne (fig. 352), en un croquis perspectif, la représentation d'un angle dièdre vu de front. On suppose que les faces MMNN et NNLL de ce dièdre sont des carrés. Ce croquis perspectif a été établi à vue, sans épure, par la simple considération d'obtenir un effet satisfaisant. On pourrait encore imaginer que ce dièdre fait partie d'un ensemble perspectif jeté sur la toile sous forme d'esquisse.

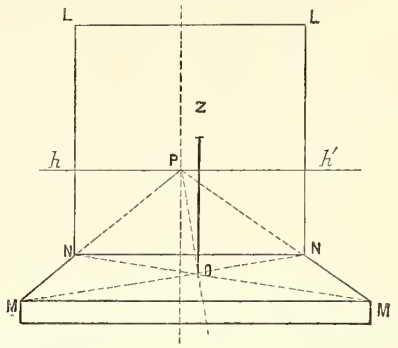
Cela posé : par le centre perspectif O du carré MMNN, on fait passer une verticale OZ et l'on demande :

1° De poser le cylindre sur le plan horizontal MNNN du dièdre, de telle sorte que son axe coïncide exactement, comme emplacement et comme longueur, avec la droite OZ ;

2° De placer la corniche sur le fût de telle sorte que sa ligne inférieure DD — D' (fig. 353) soit tangente au cercle de base supérieure au point où la génératrice $A_1A'_1$ de gauche (fig. 351) viendrait rencontrer ce cercle.

Nous allons traiter ce problème comme application des méthodes de perspective directe, et nous commencerons par quadrupler (fig. 354) le croquis perspectif du dièdre de la figure 352.

Fig. 352 (Croquis)



Nous engageons le lecteur qui voudra faire cette épure à sextupler ce croquis ; le dessin sera plus grand et plus facile à exécuter.

(*b*) *Mise en perspective.* — 1° *Point de distance.* — On prend en δ le quart de la ligne MM. On joint δN et, par prolongement, on obtient, en D/4, sur l'horizon le point quart de distance principale, lequel servira pour faire, tout à l'heure, un relèvement du géométral.

2° *Géométral auxiliaire.* — Nous prenons comme géométral la face horizontale MMNN du dièdre ; seulement, afin de dégager les constructions à faire, nous abaissons ce géométral en M'M' autant que nous le permet la hauteur de la feuille de papier. Le pied de l'axe, O, vient ainsi en O', et le diamètre de front du cercle de base vient en A_3A_3 sur ce géométral auxiliaire.

3° *Echelle du plan de front de l'axe.* — Nous menons par O' la ligne de front A_3A_3 ; ce sera le diamètre de la base, et nous la prenons égale à la hauteur de l'axe, OZ, car nous savons, d'après la figure 351, que le diamètre du cylindre est égal à la hauteur. De plus, comme la longueur de chacune de ces lignes est de 400^{mm}, cela nous donne en O''Z'' sur l'échelle des hauteurs, une ligne que nous divisons en 400 parties égales, ce qui nous fait connaître l'échelle du plan de front OZO''Z'' qui passe par l'axe. Nous avons indiqué cette échelle (fig. 354) en bas, à droite.

4° *Relèvement du géométral.* — Nous faisons tourner le géométral nouveau autour du diamètre A_3A_3 comme charnière de manière à l'amener de front, ce qui nous donne le demi-cercle $A_0A_1A_2$ .... à l'échelle de l'axe, et nous y reportons en $A_0A_1A_2$ ... B_1B_2 ... *c*, *c*, *c* ... tous les points de division, homologues des points de la figure 351, lesquels nous serviront pour mettre en place les arcs d'hélice résultant de l'enroulement des dents de scie.

(1) Ce probleme fait l'objet d'une épure donnée en concours à l'Ecole des Ponts et Chaussées (cours préparatoires). Un sujet analogue a été donné aux examens pour le professorat du dessin, en 1880.

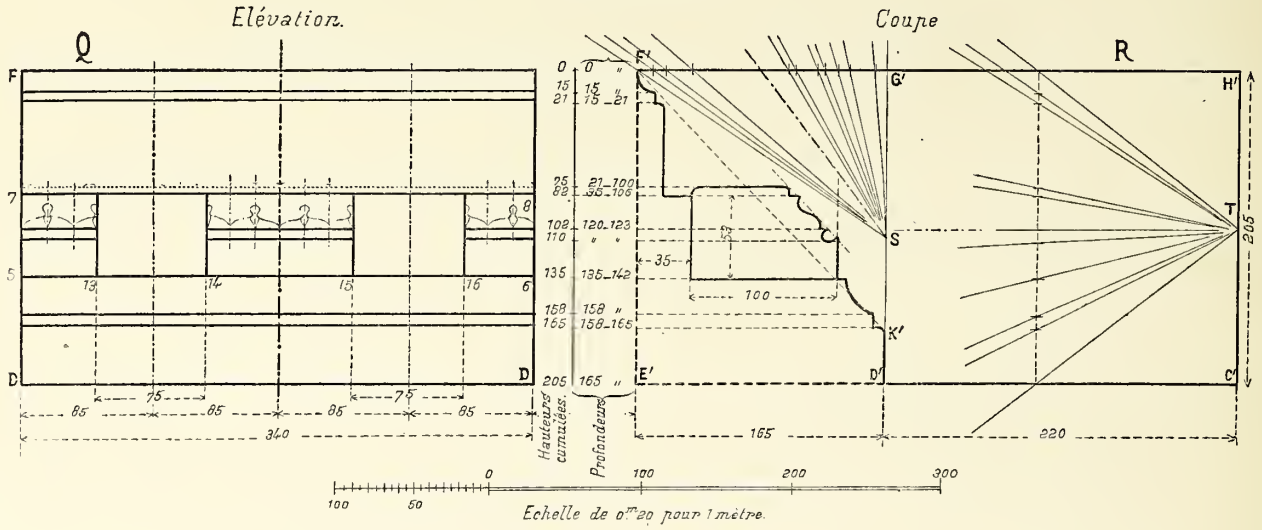
Sur ce géométral, mis de front, nous plaçons en $D_1E_1C_1$ ... la projection horizontale de la corniche réduite à ses épannelages principaux, et nous avons soin, ainsi que le demande l'énoncé, de placer la ligne D_1D_1 tangente en A_1 au cercle de base du cylindre. — Il est évident que pour dessiner cette projection horizontale de la corniche nous nous sommes reportés à ses dimensions absolues (165mm — 340mm ....) et nous les avons reproduites à l'échelle du plan de front de l'axe, indiquée en bas de la feuille, à droite.

5° *Perspective sur le géométral auxiliaire.* — Nous obtenons cette perspective en faisant l'opération inverse du relèvement du géométral (nos 184 et 185). On voit sur l'épure comment le point D_1 a été ramené en D''. A cet effet, on a mené la perpendiculaire D_1d'' sur la charnière, elle s'est rabattue suivant la fuyante principale $d''D''$. — On a pris, sur la charnière, $\overline{d''d'} = 1/4\ \overline{d''D_1}$ et joignant d' au point quart distance, on a obtenu par recoupement le point E''. Tous les autres points ont été obtenus de la même manière ; on a eu soin de se servir, à titre de vérification, des points de charnière tels que 11 et 12.

6° *Mise en hauteur du cylindre et de sa décoration.* — Chacun des cercles de section droite du cylindre a été mis en perspective par la méthode du carré circonscrit et des huit points. Les hauteurs de chacun d'eux sont indiquées en $\alpha\beta\gamma$ — $\alpha'\beta'\gamma'$ sur l'échelle des hauteurs. Une fois les cercles mis en perspective, on a placé sur les trois cercles du milieu, à l'aide de verticales menées par les points a_0a_1 .,. b_1b_2 ... du géométral, les points de division $A_0A_1A_2$ ... $B_1B_2B_3$ ... *cccc* ... et, joignant ensuite ces points dans l'ordre voulu, on en a déduit les arcs d'hélice qui sont les perspectives des dents de scie.

7° *Epannelage de la corniche.* — On voit en EEFFHC ...

Fig. 353 (Corniche)



cet épannelage mis en hauteur par la méthode ordinaire (n° 218).

8° *Mise en place des moulures.* — On a construit (fig. 353-R) en S et T deux échelles divergentes, une pour les hauteurs, l'autre pour les largeurs des points importants de la moulure. Après quoi, opérant dans les épannelages EFGD... (fig. 354) comme il a été dit au n° 222, nous avons pu tracer en perspective les profils dans les deux faces.

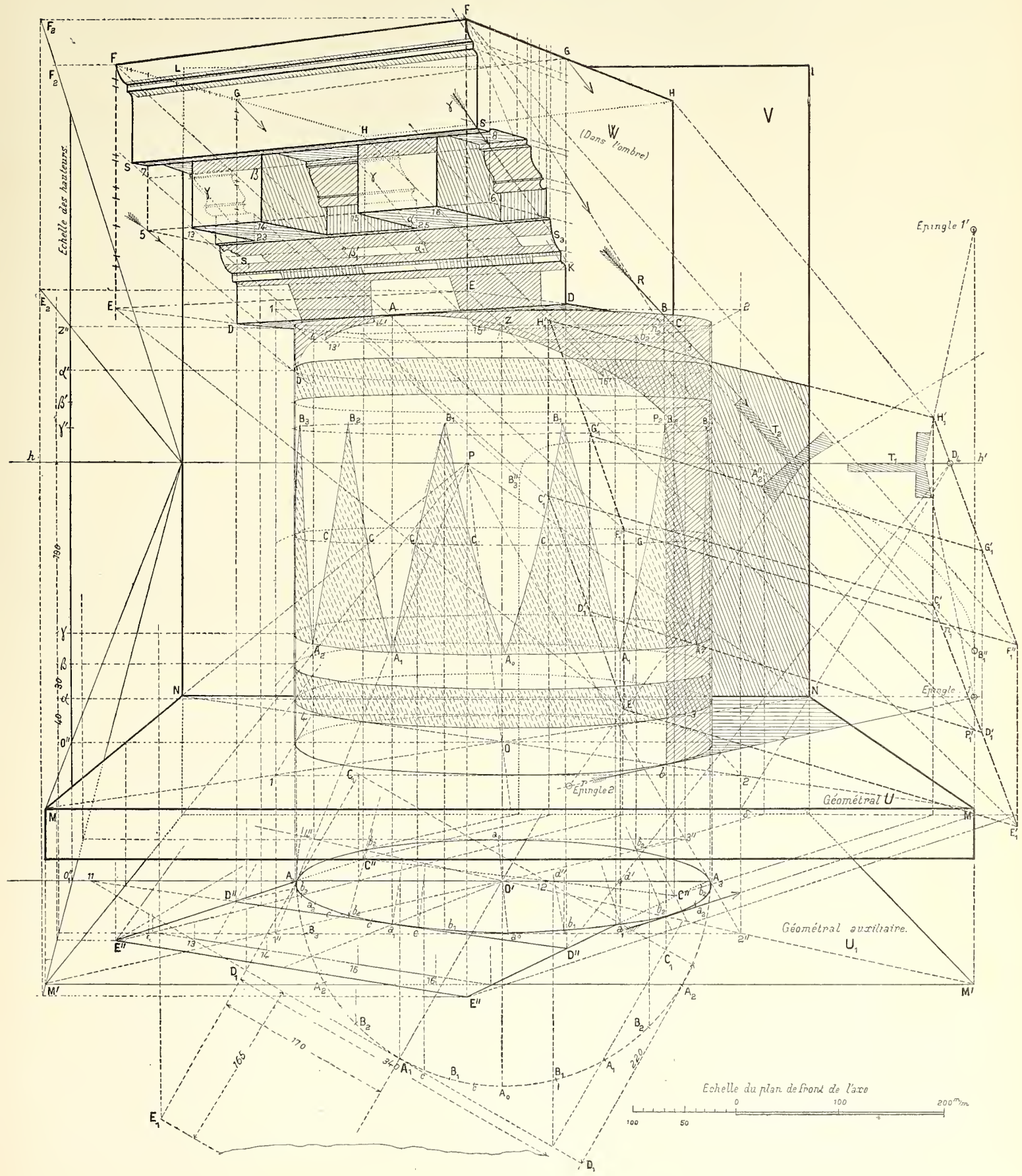
Il est bon de remarquer que, sur la figure 353-R, le profil s'étage sur une ligne F'K' qui, dans l'espace, est sensiblement inclinée à 45°. — Il en sera de même sur la perspective et le profil devra s'y étager (fig. 354) sur la ligne FK.

9° *Les modillons.* — L'opération précédente a permis d'établir en 5, 6, 7, 8 l'épannelage de l'ensemble des modillons. — Pour les mettre en place dans leur épannelage, il ne reste plus qu'à diviser perspectivement la ligne de base 5, 6 de l'épannelage en parties proportionnelles aux largeurs données géométralement sur la figure 353, en 13, 14, 15 et 16 ; c'est un problème connu.

250. Ombres des solides précédents.

(*a*) *Rayon solaire initial.* — Nous supposerons que les ombres sont au soleil. On se donne, à volonté, un rayon lumineux initial, *r* (sur le géométral), R (dans l'espace) ; nous l'avons pris de telle sorte que la génératrice d'ombre propre du cylindre soit la génératrice à 45°, b_2bB. — Dans ces conditions le point B de la base supérieure porterait ombre sur le fond vertical du dièdre en B''_1. — Dès lors la direction de la lumière est bien assurée ; sur le géométral les rayons seront, perspectivement, parallèles à *rb* et, dans l'espace, ils le seront à RBB''_1. — A chacune de ces directions répond un point de fuite inaccessible ; afin de pouvoir opérer facilement nous nous sommes servis d'un Té-brisé construit spécialement.

Fig. 354 (Tableau)



(*b*) *Construction d'un Té-brisé.* — Nous avons découpé, dans la carte, un Té-brisé dont le croquis T_1 (fig. 354) donne une réduction et nous avons placé une épingle 1 et une épingle 1′ lesquelles nous ont servi pour les rayons lumineux en géométral ; nous avons même été obligé de placer une autre épingle supplémentaitaire que la figure n'indique pas.

Pour les rayons dans l'espace, le même Té-brisé mis dans la position T_2 (voir n° 247) nous a donné la position de l'épingle 2 et de sa symétrique 2′ (cette dernière non figurée sur le croquis), desquelles, avec le même Té-brisé, nous nous sommes servis pour les rayons de l'espace perspectivement parallèles à R.

Cela fait : par tous les points les plus importants des solides en présence nous avons mené les rayons lumineux et nous avons pris leurs intersections avec les surfaces voulues.

(*c*) *Ombre portée du cylindre sur le fond.* — On voit cette ombre en $B''_3A''_2B''_1$; d'ailleurs sur le fond vertical du dièdre elle est soit cachée par le cylindre, soit noyée dans l'ombre de la corniche.

(*d*) *Ombre de l'épannelage de la corniche.* — On voit en $H'_4F'_1E'_1C'_1$ ... cette ombre portée sur le fond, à droite du cylindre. Si l'on voulait, dans cette ombre de l'épannelage, faire apparaître la projection oblique complète de toutes les lignes de la corniche, on se servirait des échelles divergentes de la figure 353 ; exactement comme nous avons fait pour mettre en perspective la corniche dans son épannelage, car ces ombres sont des perspectives de perspectives.

(*e*) *Ombres propres de la corniche.* — On commence par chercher en $F\gamma n_2$, l'ombre portée sur la face W par l'arête FF. A cet effet il suffit de remonter par un rayon lumineux inverse n_1n_2. Le point n_1 est le point où, en projection oblique, l'ombre portée F_1F_4 rencontre l'ombre portée $C'_1E'_1$ et n_2 est sur l'arête *cc* elle-même.

Cette direction γ aurait un point de fuite inaccessible situé sur la ligne de fuite du plan W.

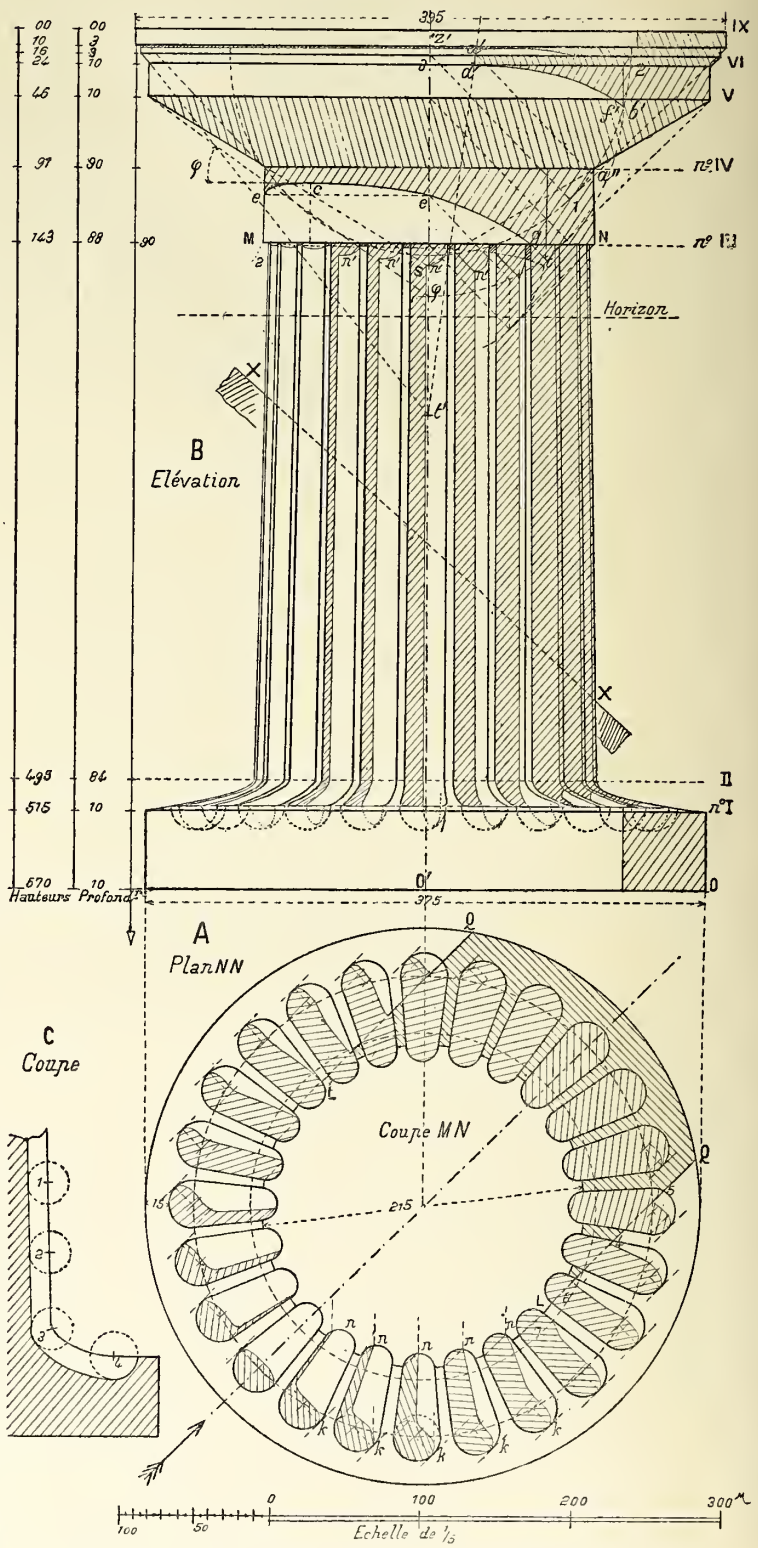
Cela fait : en se servant de cette direction perspective γ comme on se sert du rayon à 45°, dans les ombres usuelles, on obtient tous les points d'ombre propre et d'ombre autoportée de la moulure.

On cherchera de même l'ombre portée sur le cylindre. On aura bien soin d'observer les points tels que $\beta\beta_1$, $\alpha\alpha_1$... de ressaut des ombres et les points de perte, tels que P_2 sur le cylindre et E sur le quart de rond de la moulure. Aux points de perte la tangente à l'ombre portée est le rayon lumineux.

Nota. — Afin de ne pas masquer sur la face W les constructions qui résultent de l'emploi des échelles divergentes, nous n'y avons pas mis de hachures, quoique, cependant, cette face soit dans l'ombre. Le lecteur corrigera cette erreur qui est volontaire de notre part.

251. Relevé géométral et ombres à 45°, d'un support de vasque (fig. 355).

Fig. 355 (Epure)



(*a*) *Description du modèle.* — Ce support provient des ruines de Pompéï. Le moulage fait partie de la collection

Chipiez et cet exercice a été donné comme épreuve de relevé géométral et de perspective, au concours pour le certificat d'aptitude à l'enseignement du dessin (1er degré), en 1887.

Le relevé géométral a été fait comme il sera indiqué plus loin. Un fil à plomb placé à la partie supérieure du modèle a permis d'en relever les dimensions.

On a donné en C une coupe verticale partielle montrant le mode de génération des cannelures. En réalité elles échappent à une définition géométrique rigoureuse ; mais, afin de pouvoir en tracer les ombres, nous avons fait l'hypothèse que chacune d'elles était la surface enveloppe d'une sphère dont le centre se déplacerait sur le profil 1, 2, 3, 4, ... et dont le diamètre, variable d'ailleurs, irait en croissant au fur et à mesure que l'on descend. Ce diamètre est donné, pour chaque position, par la largeur de la cannelure prise soit en élévation (fig. B), soit en plan (fig. A). A la partie inférieure chaque cannelure se termine donc, en forme de cuillère, par un quart de sphère creuse que nous assimilerons pour la recherche des ombres à une écuelle. La partie supérieure du support est formée d'une série de cônes et de cylindres superposés.

(*b*) *Ombres propres de la partie supérieure.* — Les ombres propres des cylindres ont été cherchées comme à l'ordinaire (v. Ombres usuelles).

Le petit cône, compris entre les niveaux VI et VII, a son sommet en t', en dessous de sa base. On cherche son ombre propre $t'a'$ comme suit (voir n° 21 et fig. 41). On trace en 1, 2, ... le cercle d'ombre portée par sa base sur le mur fuyant à 45°. On mène à ce cercle une tangente $t'a''$ issue du sommet (un demi-cercle tracé sur $3t'$ comme diamètre a donné le point de contact a''), et on ramène a'' en a' sur la base par un rayon inverse à 45°.

Le grand cône, IV-V, n'a pas de séparatrice, car son angle à la base est plus petit que l'angle φ. Ce cône est tout entier dans l'ombre.

(*c*) *Ombres portées de la partie supérieure.* — L'ombre portée du petit cône commence au point d' où son ombre propre rencontre le cylindre et elle y est tangente au cercle de base n° VI (voir n° 7, Théorème 3). Le point de perte b est obtenu comme à l'ordinaire en prenant l'intersection du cercle auxiliaire 1, 2, et de la génératrice d'ombre propre du cylindre.

L'ombre portée *eceg*... est l'ombre connue du listel. On en cherche le point le plus haut c, le point de perte, le point dans l'axe e (voir n° 29) et le point limite g.

(*d*) *Ombres de la partie supérieure des cannelures.* — 1° On cherche d'abord l'ombre du cercle MN sur les nervures des cannelures. C'est l'ombre du listel dont on ne prend que des fragments ; 2° le plan (fig. A) donne en n, n, n ... les ombres des arêtes dans le fond des cannelures ; on rappelle ces points en $n'n'$... sur l'élévation et le ressaut de l'ombre dans les cannelures s'achève ensuite facilement, car on en a les points de départ et d'arrivée.

(*e*) *Partie inférieure des cannelures.* (Voir le plan A.) — On amorce toutes les ombres portées comme on ferait pour l'ombre de l'écuelle (n° 41). On trace donc une série de petites ellipses, toutes égales entre elles ; leur grand axe aboutit aux points k, k, k, ... de tangence à 45°, et le petit axe est le *tiers* du rayon de l'écuelle. Après quoi on réunit par des courbes ces ellipses aux lignes droites d'ombres portées dans la partie cylindro-conique des cannelures. Cette partie du tracé doit se faire, en grande partie, au sentiment.

Nota. — Ne pas oublier l'ombre à 45°, LQ, portée sur la partie inférieure par le fût du support.

252. **Perspective du solide précédent** (fig. 356).

(*a*) *Données.* — Nous traiterons ce problème en perspective immédiate. On s'est donné arbitrairement en OZ (tableau) l'axe vertical de l'objet, de grandeur quelconque, et l'horizon en hh'. Le point principal a été choisi en P (1) ; enfin nous avons placé, à volonté, en D/5 le point de cinquième de distance. Sur notre croquis nous avons pris la distance P-D/5 égale, sensiblement, à la moitié de l'axe ; ce qui revient à admettre que le spectateur est placé à une distance de l'objet égale à deux fois et demie environ sa plus grande dimension. On sait que ce sont là de bonnes conditions.

(*b*) *Mur fuyant et échelles.* — En $o''z''$ nous dessinons une échelle verticale, de la grandeur de l'axe OZ ; sur un mur fuyant $o''hz''$, nous inscrivons en $o'z'$ dans l'angle ZhO' l'échelle des hauteurs à laquelle nous donnons la grandeur de l'axe $o'z'$ prise sur l'épure.

(*c*) *Rapport d'amplification.* — Le rapport d'amplification est donné par le rapport des deux longueurs hi' et hi'', qui est le même que celui des deux axes $o'z'$ et $o''z''$.

(*d*) *Mise en place des principaux cercles.* — Les principaux cercles ont été mis en place par la méthode du carré circonscrit et des huit points. Expliquons la construction pour le cercle inférieur $\alpha_1\alpha_1\beta_1\beta_1$.

1° Son rayon de front $o\delta_1$ s'obtient en amplifiant, dans le rapport d'amplification, le rayon pris sur l'épure. Cette amplification a été faite pour tous les rayons en se servant des deux lignes parallèles iV' et $i''V''$. Ainsi $i\delta'$ étant le rayon pris sur l'épure, $i''\delta''$ est celui qu'il faut placer de front sur l'épure.

2° Son rayon $o\gamma_1$ perpendiculaire au tableau est obtenu en prenant de o en γ'' le *cinquième* du rayon de front et joignant γ'' au point D/5.

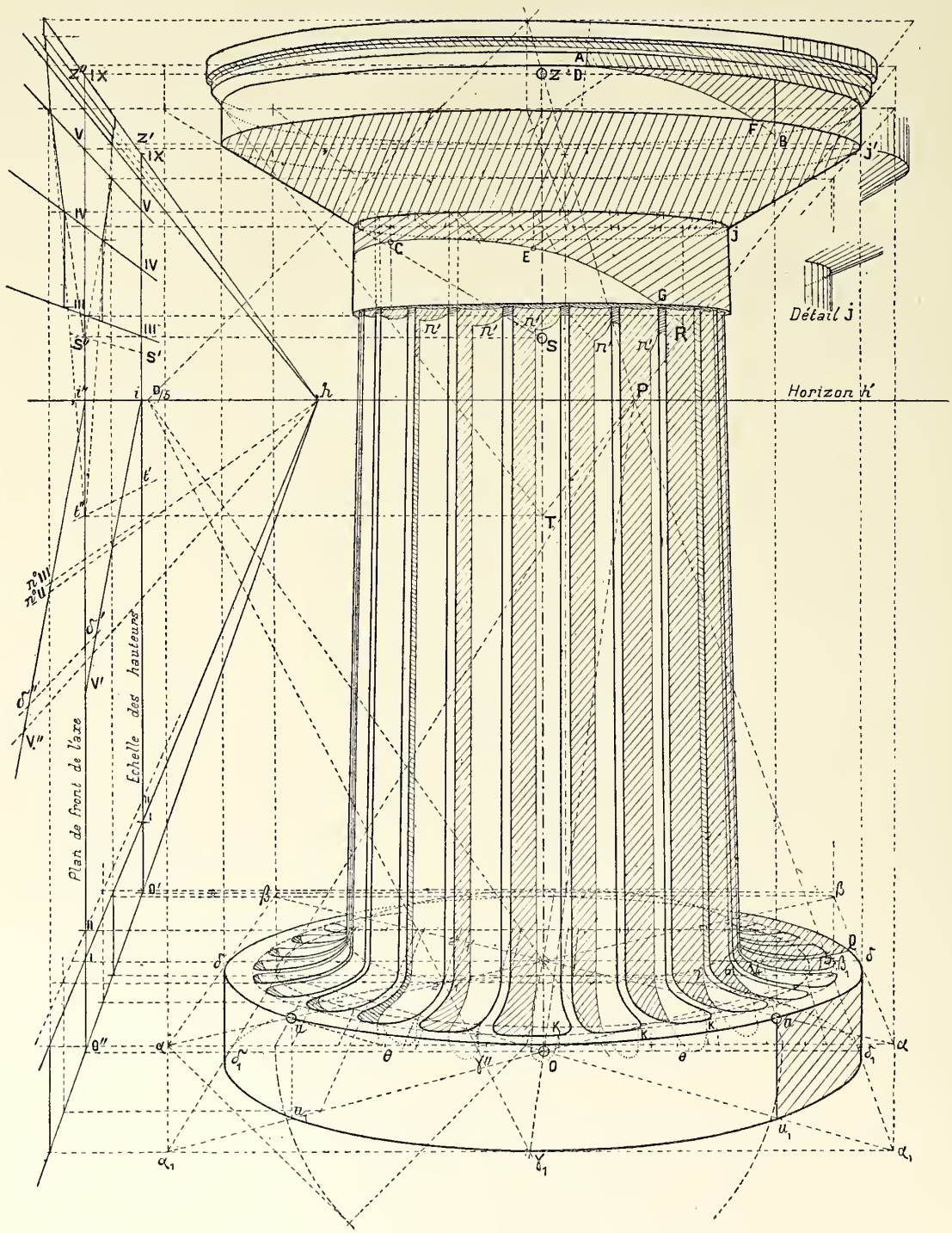
Dès lors on peut tracer pour chaque cercle le carré cir-

(1) Il faut prendre P soit sur l'axe, soit, comme nous avons fait, très peu en dehors de l'axe, afin d'éviter les défigurations perspectives exagérées, signalées aux nos 171 et 172.

conscrit et en cherchant, en outre, les points de diagonale, tels que n, n, avec leurs tangentes telles que $u\theta$ (voir n° 182), on en déduira les ellipses, perspectives de ces cercles.

Nous avons en outre mis en perspective (lignes pointillées) deux cercles auxiliaires de la base du support. L'un qui passerait par tous les centres des cercles inférieurs des

Fig. 356 (Tableau)



cannelures, l'autre qui leur serait tangent. Quoique ces cercles soient sur la partie légèrement rampante de la base, nous les avons, pour simplifier, supposés situés dans le plan de niveau n° I. Cela n'entraîne pas d'erreur sensible.

(*e*) *Contours apparents.* — Les contours apparents des cylindres ont été obtenus en menant des tangentes verticales aux ellipses de base, une fois celles-ci tracées.

Pour les cônes on a cherché en S et en T, sur l'axe, les

perspectives de leurs sommets ; et les contours apparents sont formés par les droites telles que SJJ′ menées par le sommet et tangentes aux bases de ces cônes.

Observer les chevauchements des contours apparents dont le détail est indiqué, plus en grand, en J et J′, à droite.

(*f*) *Cannelures.* — 1° Pour la partie droite des cannelures on a reporté sur les cerles de niveau n° II et n° III les points de division des arêtes. Il a suffi à cet effet, comme cela est indiqué pour le cercle n° II, de reporter sur le diamètre de front de ce cercle perspectif une division prise sur l'élévation des cannelures (fig. 355-B). Une bande de papier XX de la longueur de ce diamètre de front, inscrite sur l'élévation, donne tous les points de division voulus ; il ne reste qu'à les reporter.

Cela fait : on a joint au point principal P (tableau) les points tels que 1, 2, etc.... du diamètre de front et, par recoupements avec l'ellipse déjà tracée, on a obtenu en 1′, 2′, etc.... les points cherchés des arêtes de cannelures ; on joint ensuite par des droites les points qui se correspondent d'une base à l'autre.

2° Pour la partie inférieure on cherche, de la même manière, les points situés sur le cercle auxiliaire qui passe par tous les centres des petits cercles de la base ; on achève alors le tracé au sentiment en ayant soin de tracer les petites ellipses d'extrémité des cannelures tangentes à la seconde grande ellipse auxiliaire.

253. Ombres. Méthode dite : par report du géométral. — Cette méthode, très simple, peut être utilisée dans certains cas ; elle consiste : 1° à déterminer les ombres sur le relevé géométral, ce qui est relativement facile grâce aux simplifications qu'entraîne le rayon à 45° ; 2° à considérer les ombres ainsi obtenues comme des lignes que l'on aurait tracées, au crayon par exemple, à la surface des corps et à reporter ces lignes sur la perspective.

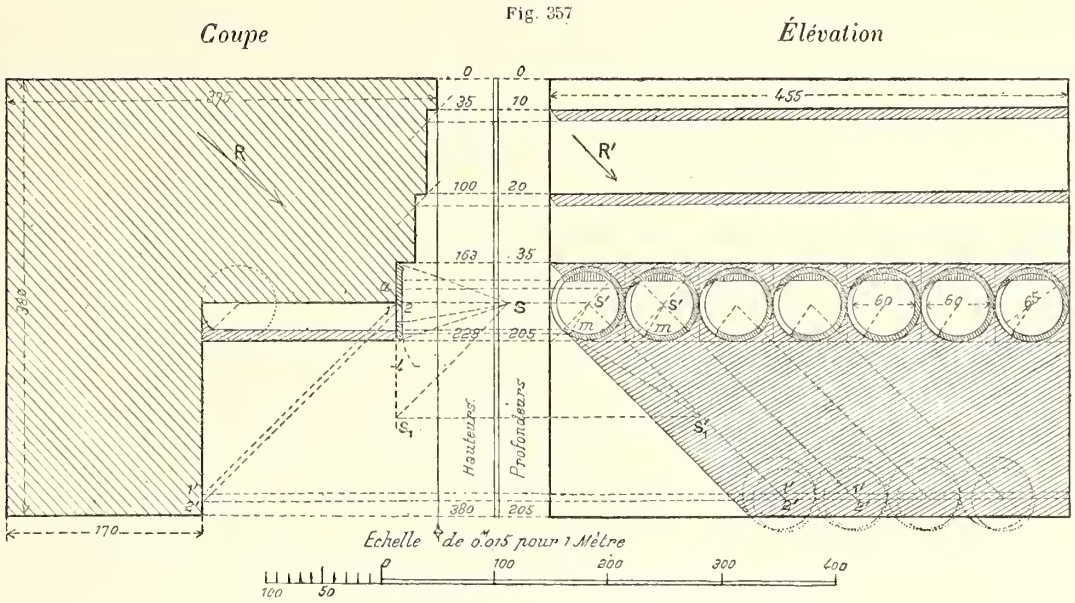
Ce report est facile à faire soit exactement pour certains points, soit au sentiment pour d'autres.

D'ailleurs en observant bien les *trois théorèmes généraux* (1re partie, chap. I) et les règles du ressaut des ombres, on donnera aux tracés une *vraisemblace* qui, dans bien des cas, est préférable à de la *soi-disant précision.*

Sur les figures 355 et 356 les mêmes points d'ombres sont indiqués par les mêmes lettres.

254. Exercice proposé : Corniche d'un tombeau lycien. Nous donnons ci-contre (fig. 357) l'élévation et la coupe d'un fragment de la corniche d'un tombeau lycien. Le plan serait facile à restituer d'après ces deux dessins.

Fig. 357



Le lecteur en fera la mise au net géométrale à l'échelle de 0m,25 pour 1 mètre (1/4), en y ajoutant le plan. Et sur la même feuille, demi-grand aigle, il en exécutera la mise en perspective soit par les méthodes générales, c'est-à-dire en choisissant un angle optique convenable, soit par les méthodes de perspective immédiate, comme nous avons fait pour l'exercice précédent (n° 249).

D'ailleurs le lecteur a trouvé dans le cours de l'ouvrage des relevés géométraux qu'il a pu traduire en perspective, et dont il fera bien de chercher les ombres.

CHAPITRE XI

RESTITUTIONS PERSPECTIVES

§ I. — Restitutions précises

255. Utilité des restitutions perspectives.

La restitution perspective peut se définir ainsi : « *De la perspective d'un objet déduire ses dimensions vraies.* »

Nous avons vu que lorsque l'on connaît la ligne d'horizon, le point principal de fuite et ses points de distance, réduite ou non réduite, il est possible soit d'effectuer un relèvement du géométral, soit d'appliquer la méthode de la corde de l'arc, soit, plus généralement, de résoudre sur un tableau perspectif, comme on le ferait sur une épure de géométrie descriptive, tout problème dans lequel les vraies proportions des figures doivent servir comme données ou doivent être obtenues comme résultats.

Ce problème intéresse les peintres pour l'exécution de leurs tableaux. Il leur arrive, en effet, dans une composition où il entre de l'architecture, de placer sur leur esquisse les lignes principales de cette architecture de manière à bien encadrer les figures qui forment, en réalité, la partie importante de leur tableau. Dans le rapide travail de création qui caractérise l'esquisse, le peintre cherche avant tout un effet. Tout doit concourir à la réalisation de cet effet, aussi bien les figures que les lignes de l'architecture et que les accessoires, tels que les tables, les sièges, etc....

Plus tard, lorsqu'il reportera, en la grandissant, son esquisse sur la toile, l'artiste aura le soin de placer exactement dans leurs positions relatives les lignes principales, celles qui contribuent le plus à produire l'effet ; quant aux lignes de détail, elles devront être établies en parfaite concordance perspective avec les autres. Il ne faut pas, par exemple, que l'angle d'une table qui est droit, en réalité, paraisse aigu ou obtus ; qu'une arcade qui doit être pleincintre paraisse surbaissée ou surhaussée.

Tous ces détails doivent donc être établis par les méthodes de perspective directe appliquées en prenant comme départ les grandes lignes du tableau ; cette application ne peut se faire que si l'on connaît les points principaux de fuite et de distance. Trouver ces points est un problème de restitution perspective.

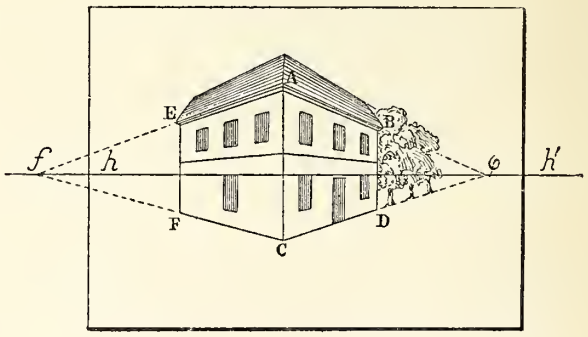
Ces restitutions perspectives intéressent également les ingénieurs et les officiers. Il peut être important pour eux d'utiliser une photographie pour faire le relevé rapide d'un terrain ; pour mesurer la distance entre deux points ; pour préciser une reconnaissance militaire.

Le colonel **Laussedat** et le commandant **Javary** ont perfectionné la méthode du relevé photographique. En prenant les images d'un terrain ou d'une place forte sous deux points de vue différents, on peut ensuite, sur ces deux images, viser les différents points avec des appareils spéciaux comme on les eût visés, sur le terrain, avec le théodolite. On peut donc en déduire la planimétrie et le relief du sol. Ces procédés ont été poussés par leurs auteurs à un tel degré de perfection et de rapidité qu'il a été possible, avec une escouade d'agents bien exercés, de relever en une seule journée la place de Belfort et ses environs. Le matin on commençait à prendre les photographies, le soir le plan topographique était complètement reporté sur le papier, avec indication des principales courbes de niveau.

256. Restitution de la ligne d'horizon.

1° Si le tableau présente une nappe d'eau indéfinie, la mer par exemple, sa limite sera, sans erreur sensible, la ligne d'horizon. Si la nappe d'eau, sans être indéfinie, est suffi-

Fig. 358



samment grande, si c'est un lac ou un étang d'une certaine étendue, la ligne la plus éloignée suivant laquelle elle coupe les berges ou le terrain pourra être prise, *sans grande erreur*, pour ligne d'horizon. Mais il faut cependant remarquer que

dans ce cas il faut prendre l'horizon un peu au-dessus de cette ligne.

2° Si la vue (fig. 358) présente des édifices, les arêtes des murs donneront la direction des verticales, et par conséquent celle de l'horizon qui lui est perpendiculaire. Il suffira donc d'un seul point pour déterminer la ligne d'horizon. En prolongeant deux horizontales que l'on sait être parallèles telles que AB et CD on aura leur point de fuite φ situé sur l'horizon. Deux autres lignes horizontales EA et CF donneront, comme vérification, un autre point de fuite, *f*, également situé sur l'horizon.

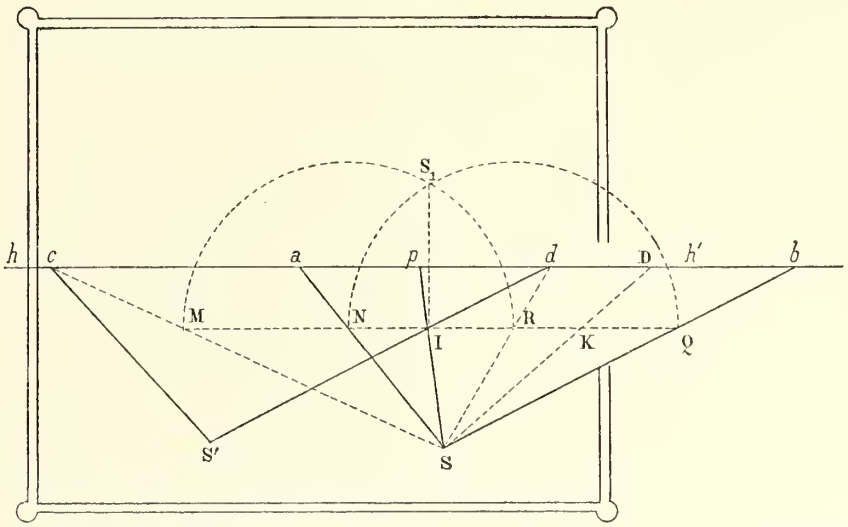
257. Restitution des points principaux de fuite et de distance.

(*a*) 1re *Méthode.* — *En utilisant deux angles droits.* — Dans presque tous les tableaux il est possible de trouver deux droites que l'on sait être dans un plan horizontal, et à angle droit l'une sur l'autre. Par exemple, dans le croquis précédent (fig. 358), l'angle FCD des 2 murs de la maison figurée en perspective est, selon toute probabilité, droit, et dans un plan horizontal.

Imaginons que dans le tableau (fig. 359), nous ayons deux angles *a*S*b* et *c*S′*d*, dans ces conditions.

Par le point S, menons deux droites S*c* — S*d* perspectivement parallèles aux droites *c*S′ et S′*d*, c'est-à-dire concourant aux mêmes points de fuite *c* et *d*. L'angle *c*S*d* est également droit dans le géométral. Cela fait : prenons une charnière MQ, coupant les 4 droites en MNRQ. L'angle MSR, qui est droit, se relèvera et aura son sommet S relevé en S_1 sur la demi-circonférence décrite sur MR comme dia-

Fig. 359



mètre. — De même le point S, sommet de l'angle droit NSQ, se relèvera sur la demi-circonférence dont NQ est le diamètre. — Le point S sera donc relevé en S_1 à l'intersection des deux cercles. — Si maintenant nous remettons le géométral en place, la perpendiculaire IS_1 deviendra IS du géométral. Elle est perpendiculaire au tableau ; elle donne donc, par prolongement, en *p* sur *hh′*, le point de fuite principal.

Portons sur la ligne de front IQ une distance IK = IS_1 (IS_1 est la vraie grandeur de la ligne IS du géométral) et joignons SK ; cette droite prolongée donne par son intersection D avec la ligne d'horizon, le point de distance.

(*b*) *Nota.* — Si les angles S′ et S de l'espace, au lieu d'être connus comme étant droits, l'eussent été comme étant des angles déterminés, de 60 degrés, de 45 degrés..... par exemple, la solution eût été analogue. Seulement sur les droites MR et NQ, au lieu de décrire des demi-circonférences, on eût décrit des segments capables des angles connus.

(*b*) 2e *Méthode.* — *En utilisant un cercle horizontal* (fig. 360).

La connaissance d'une figure, que l'on sait être la perspective d'un cercle horizontal, permet de restituer le point principal de fuite et son point de distance, de la manière suivante :

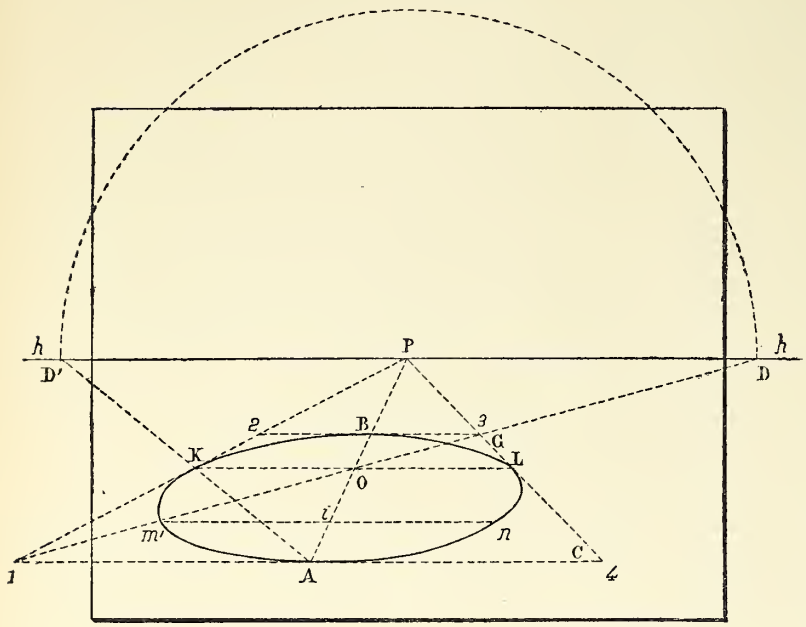
1° *Point principal.* — Deux tangentes AC, BG, parallèles à la ligne d'horizon, donnent une ligne de contact AB, perpendiculaire au tableau, qui fuit au point principal P et qui le détermine. Comme les points de contact B et A sont assez difficiles à apprécier on fera bien, pour plus de précision, de mener deux cordes de front telles que *m′n*, d'en prendre le milieu *i*, et la droite AP passera par les points tels que *i*.

2° *Points de distance.* — Deux tangentes PK et PL, menées du point P, déterminent en 1, 2, 3, 4 la perspective du carré circonscrit, dont la diagonale 1, 3, prolongée, donne en D le point de distance principal.

(*c*) *Nota.* — On pourrait varier indéfiniment les cas dans lesquels un dessin perspectif exact permet de restituer les données d'un tableau. Quelle que soit la manière dont le

problème se posera, il importe de remarquer que la solution dérivera presque toujours du problème que nous avons étudié plus haut sous le titre : *Relèvement du géométral*

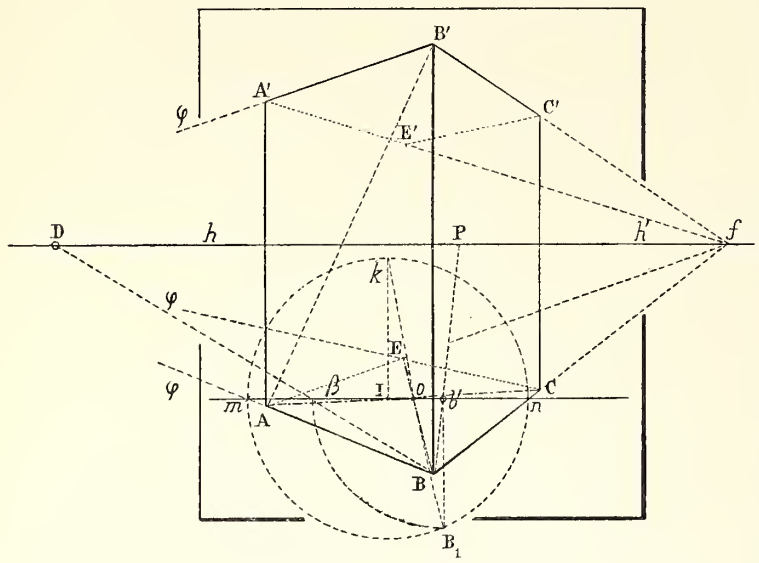
Fig. 360



(nº 184). Pour fixer la méthode à suivre nous traiterons encore deux autres cas.

258. Restitution des données en utilisant un carré perspectif.

Fig. 361

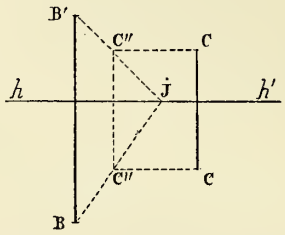


(*a*) *Données.* — Imaginons (fig. 361) que l'on ait en AA' — BB' — CC' le dessin, supposé exact, des trois arêtes vues d'un pilastre que l'on *sait* être à base carrée.

On veut : 1º trouver la quatrième arête EE' et 2º restituer les données P et D du tableau.

(*b*) *L'horizon.* — On commence par restituer l'horizon *hh'* en prolongeant BC et B'C' jusqu'à leur rencontre en *f* et menant par *f* une perpendiculaire aux arêtes verticales.

Fig. 362



Si le point *f* est inaccessible le croquis (fig. 362) fait voir comment, en déplaçant de front la ligne CC en C''C'', on pourra lever la difficulté et obtenir un point accessible J situé aussi sur l'horizon.

(*b*) *Le carré de base.* — En menant par les points A et C des parallèles perspectives aux côtés BC et BA on achèvera le carré de base ABCE. Pour cette opération on sera, sans doute, conduit à utiliser les constructions données pour les points de fuite inaccessibles *f* ou φ. (Voir emploi du Té brisé, etc.....)

(*c*) *Le centre du carré et le relèvement du géométral.* — On mène les diagonales et on obtient en *o*, la perspective du centre du carré.

Cela fait : on prend en *mn* une charnière de front (on fera bien de la faire passer par le point *o*, mais ce n'est pas indispensable); et on relève le géométral autour de cette charnière. — D'une part le sommet de l'angle droit B se relèvera quelque part sur la demi-circonférence décrite sur *mn* comme diamètre ; d'autre part, la diagonale BE étant, dans tout carré, la bissectrice de l'angle ABC doit, après le relèvement, aller passer par le point *k*, milieu de la demi-circonférence *mkn*. — Donc puisque le point *o*, sur la charnière, n'a pas bougé, la diagonale se relèvera suivant *ko*, qui, prolongée, donne en B_1 le relèvement du point B.

(*d*) *Points principaux.* — Maintenant la restitution du point principal et de ses points de distance est facile. En effet :

1º Abaissons B_1b' perpendiculaire sur la charnière ; cette droite se rabat suivant B*b'*, qui est une droite principale et qui, prolongée jusqu'à l'horizon, donne en P le point principal.

2º Prenons sur la charnière, $b'\beta = b_1B'$ et joignons Bβ ; nous obtenons une ligne d'égale resection dont le point de fuite D, accessible ou non, est le point de distance. Le problème est donc résolu.

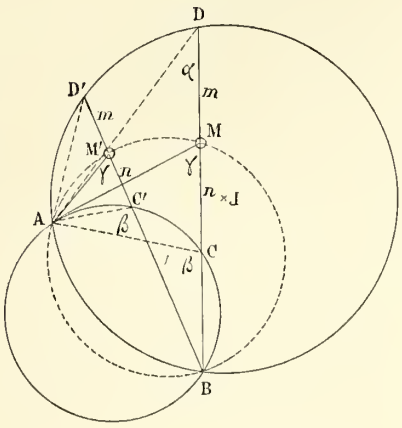
Nota. — Avant de donner un autre exemple, plus compliqué, qui peut trouver son application dans le dessin d'après

nature, nous traiterons le problème suivant de géométrie.

259. Notes auxiliaires de géométrie.

(*a*) *Note n° 1.* — On donne deux circonférences ACB et ADB se coupant en deux points A et B (fig. 363). Par un des

Fig. 363



points d'intersection, B, on mène une série de sécantes BCMD, BC'M'D' ....., et l'on partage dans un rapport constant n/m, au point M, M' ....., les portions de ces droites comprises entre les deux circonférences Démontrer que le lieu des points M, M', ..., est une troisième circonférence passant par les deux points d'intersection, A et B, des deux premières.

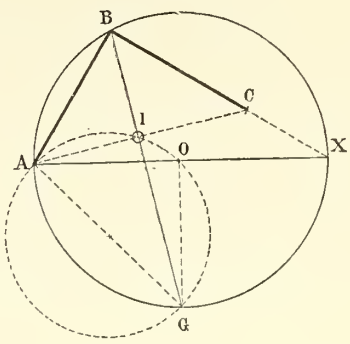
En effet : joignons les points D et D', M et M', C et C' aux deux points A et B. Les triangles ADC et AD'C' sont semblables, car ils ont deux angles égaux, savoir : les angles en D et D' égaux comme inscrits dans un même segment de la circonférence ADB, et les angles en C et C' égaux comme suppléments d'angles inscrits, aussi, dans un même segment de la circonférence ACB. Dès lors si l'on joint le point A aux points M et M' qui partagent les côtés homologues dans le même rapport on donne naissance à deux triangles semblables AMB et AM'B; donc les angles en M et M' de ces triangles sont égaux et par suite les points M et M' sont sur un même segment de cercle passant par les points A et B. C. Q. F. D.

(*b*) *Note n° 2.* — Soient ABX et AGX deux demi-circonférences ayant AX pour diamètre commun, et soit G le point milieu de la seconde. On considère un carré ABC....., dont un sommet serait en A à l'une des extrémités du diamètre commun, dont l'autre sommet B serait sur la première demi-circonférence et on demande de chercher le lieu géométrique des centres I de tous les carrés répondant à cette double condition (fig. 364). Voici la solution :

1° Le côté BC prolongé irait passer par l'autre extrémité X du diamètre puisque l'angle ABC est droit.

2° Le centre I du carré est sur la bissectrice de l'angle droit ABC, et cette bissectrice passe par le point milieu G de la demi-circonférence AGX.

Fig. 364



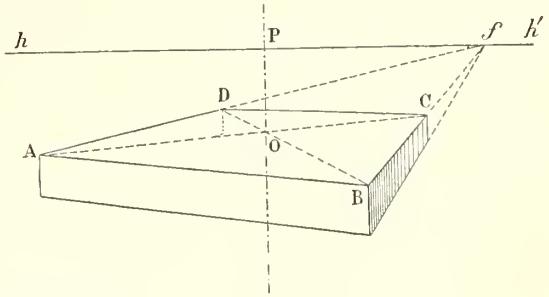
3° De plus l'angle AIG est droit. Par conséquent le lieu des points I est la demi-circonférence décrite sur AG comme diamètre.

260. Problème de restitution (dessin d'après nature).

Les restitutions perspectives peuvent donner lieu à des problèmes très variés et quelquefois assez compliqués, ainsi que nous allons le montrer dans la question suivante que **M. Julien** traite dans son cours de perspective à l'école des Beaux-Arts. Elle prend un intérêt particulier depuis que des questions de ce genre sont exigées des candidats à la section de peinture.

(*a*) *Position de la question.* — Lorsque l'on dessine d'après nature soit un chapiteau, soit une base de colonne, soit,

Fig. 365



plus généralement, un motif dérivé du cube, et par conséquent du carré (imaginons que ce soit la plinthe carrée d'une colonne (fig. 365), on est amené à opérer comme suit :

On met en place, par l'observation directe du modèle, un des côtés du carré, BC, par exemple : ce côté est ainsi complètement déterminé aussi bien en direction qu'en longueur.

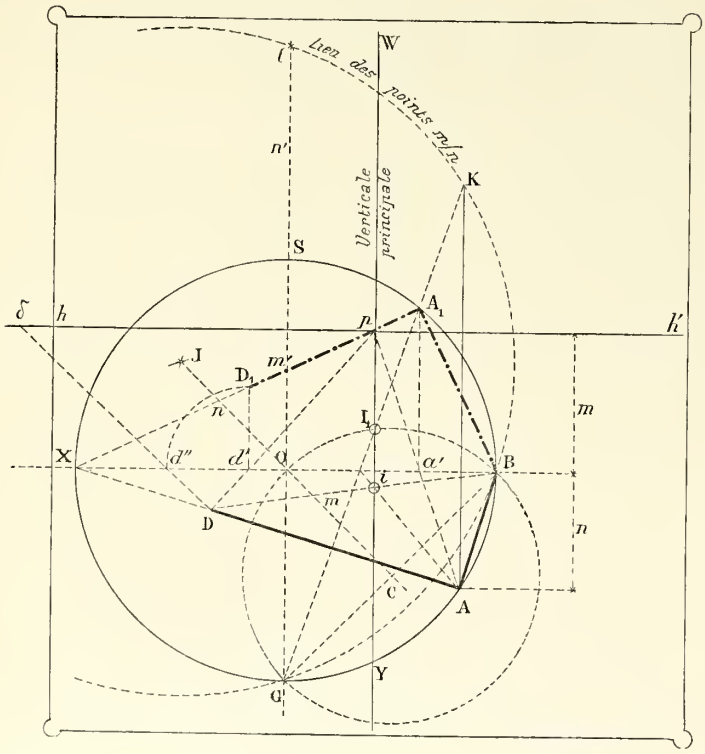
Le second côté du carré, BA, est mis en place, toujours par l'observation; mais seulement en direction. Ainsi donc, BA est tracée en direction, mais le point A n'est pas encore placé sur cette ligne.

D'un autre côté nous faisons l'hypothèse que lorsque l'on dessine d'après nature, on place instinctivement, par un besoin naturel d'équilibre, la verticale principale du dessin (celle qui contient le point principal) dans l'axe moyen de l'objet que l'on copie. Nous admettrons donc que la verticale principale PO passe par le centre perspectif O du carré ABGD, que l'on veut mettre en place.

Nous allons montrer que, ces hypothèses une fois admises, la connaissance du côté du carré BC en grandeur et direction, jointe à celle du côté BA, en direction seulement, permet : 1° de restituer la verticale principale et par suite le point principal ; 2° de trouver le point de distance, et 3° d'achever la perspective du carré tout entier.

Traitons la question au point de vue purement géométrique.

Fig. 366



(*b*) *Énoncé.* — Soit *hh'* la ligne d'horizon (figure 366). — AB est la perspective en *grandeur et direction* d'un des côtés du carré, AX est la direction de l'autre côté (on ne connaît pas sa limite. On demande d'achever la perspective en y ajoutant la condition que le centre du carré ait sa perspective sur la verticale principale du tableau, verticale que l'on ne connaît pas encore.

(*c*) *Restitution du point principal.* — 1° Faisons un relèvement du géométral autour de la ligne de front BX comme charnière.

Le sommet A se relèvera quelque part, sur le demi-cercle construit sur BX comme diamètre. Supposons, pour la facilité du raisonnement, que A_1 soit sa position après le relèvement. D'après la note n° 2 (voir n° 259), si nous joignons le point A_1 au point G, milieu de l'arc XGB, le centre du carré sera relevé quelque part en I_1 (inconnu pour le moment), et le point I_1 sera d'une part sur la droite A_1G, bissectrice de l'angle droit XA_1B et d'autre part sur la demi-circonférence décrite sur BG comme diamètre.

Or, si le centre *i* doit, d'après l'hypothèse, être en perspective sur la verticale principale, son relèvement I_1 doit être aussi sur la même verticale principale.

2° D'autre part, soit *p* le point principal, inconnu. Joignons A*p* et prenons en *a'* la rencontre de cette droite avec la charnière (même figure 366). Le point A_1, relèvement inconnu du point A, doit être sur la verticale $a'A_1$; autrement dit : A_1a' et pI_1 seront deux droites non seulement parallèles mais même perpendiculaires sur la ligne d'horizon.

3° Cela posé : menons la verticale du point connu A ; supposons que nous ayons pu prendre en K son intersection avec la ligne (inconnue) GI_1 prolongée.

Il est évident que si le point K était connu le problème serait résolu. En effet : on joindrait le point K au point G qui est connu ; on prendrait en I_1 son intersection avec le cercle décrit sur GB comme diamètre, lequel est connu également ; cela donnerait la verticale principale, et par suite le point *p*, etc., etc.

Or, du parallélisme des lignes I_1p, $a'A_1$ et KA on déduit les proportions : $\frac{I_1A_1}{A_1K} = \frac{pa'}{a'A} = \frac{m}{n}$ rapport connu.

Donc, le point K est d'une part sur la verticale du point A, lequel est connu, et d'autre part (d'après la note n° 1), sur la circonférence, lieu géométrique des points qui partagent les sécantes issues du point G dans le rapport *m/n*.

Dès lors on construit ce lieu : c'est la circonférence GBK*t*, et une fois le point K connu, le problème s'achève comme il vient d'être dit.

Nota. — Pour avoir la circonférence, un seul point *t*, par exemple, a été nécessaire. Il a été obtenu en prolongeant la ligne GOS d'une longueur *st*, qui soit à OS comme *n* est à *m*. C'est une question de lignes proportionnelles.

(*d*) *Restitution de la distance.* — Le point principal, *p*, vient d'être obtenu. Cherchons le point de distance ; à cet effet :

Portons, sur le relèvement, la longueur $A_1D_1 = A_1B$; nous avons ainsi en D_1 le relèvement du troisième sommet du carré, que nous rabattons en D sur le rabattement AX.

On a donc perspectivement $d'D = d'D_1$, et, dès lors, si nous prenons sur la charnière BX la longueur $d'd'' = d'D_1$ et si nous joignons D au point *d''* cette ligne sera d'égale resection et, par prolongement, donnera en δ, sur l'horizon, le point principal de distance.

(*e*) *Vérification.* — BD est la diagonale du carré perspectif : elle doit recouper la verticale principale en *i*, centre du carré, lequel doit se trouver aussi sur A*i*, rabattement de la bissectrice AG.

§ II. — Restitutions visuelles

261. En quoi consiste la restitution visuelle. — Fausse position du spectateur.

Lorsque l'on examine un tableau vertical dont la perspective est exacte, il faut, pour avoir l'illusion aussi complète que possible, se placer exactement au point de vue, c'est-à-dire mettre l'œil à la hauteur de l'horizon, bien en face du point principal et à une distance du tableau égale à la distance principale.

Dans ces conditions, si l'angle optique ne dépasse pas 22 ou 23 degrés dans tous les sens, aussi bien en largeur qu'en hauteur, le regard embrassera le tableau d'un seul coup d'œil et l'effet produit sera aussi satisfaisant que possible. Mais, surtout si le tableau est grand, il est bien difficile de se placer exactement au point de vue, et, d'ailleurs, on est entraîné, pour mieux observer les détails, à se déplacer, et par conséquent à changer le point de vue.

L'aspect va donc changer et le tableau donnera l'illusion de figures différentes de celles que le peintre a voulu représenter.

Le spectateur se déplaçant devant le tableau, comment variera l'appréciation des objets représentés ? Telle est la question à se poser. Nous allons la traiter avec quelques détails.

Disons de suite que les verticales seront toujours restituées en verticales et que toute figure de front sera restituée semblable à elle-même et dans ses vrais rapports de grandeur avec une autre figure de front située avec elle dans un même plan.

262. Déplacement horizontal du spectateur ; ses conséquences.

Dans ce cas le spectateur se déplace dans le plan d'horizon. Il s'éloigne ou se rapproche du tableau ; il se déplace à gauche ou à droite ; mais il ne monte ni ne descend.

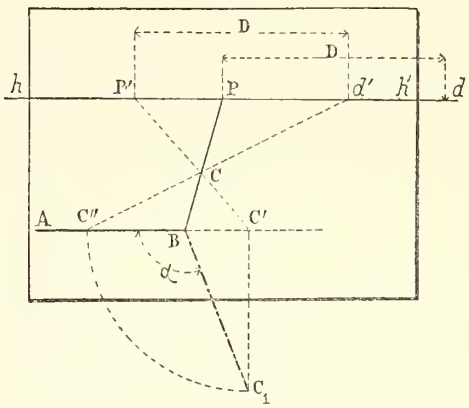
Remarquons, d'abord, que tous les problèmes de restitution perspective qui exigeaient la connaissance de la ligne d'horizon, mais non pas celle des points principaux de fuite et de distance, conduiront aux mêmes restitutions. Tels sont les problèmes relatifs aux appréciations des rapports de division d'une ligne droite horizontale ou d'une droite quelconque. Cette remarque faite, étudions deux cas :

(*a*) 1er *Cas. — Le spectateur ne change pas de distance.* — Il se promène en large devant le tableau, mais sans s'en éloigner ni s'en rapprocher. — Tout ce qui ne dépend que de la distance (cela se réduit, en somme, aux échelles des différents plans de front) ne varie donc pas. Par exemple, deux personnages d'égale taille et qui paraissaient tels quand on était au point de vue vrai paraîtront encore de même quand on se déplacera, sans changer de distance.

Mais l'apparence des angles va changer.

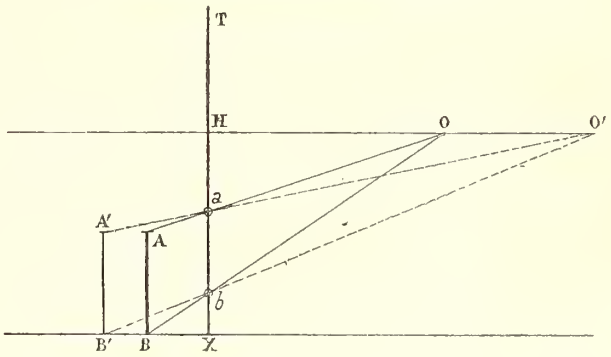
Ainsi, tel angle qui paraissait droit, regardé du point de vue vrai, ne le paraîtra plus quand on se déplacera soit à gauche soit à droite. Il suffit, pour s'en rendre compte, de faire (fig. 367) la restitution de l'angle ABC, dont le côté AB est de front et dont le côté BC fuit en P au point principal vrai. Cet angle est évidemment droit dans l'espace. Déplaçons-nous latéralement à gauche, et plaçons-nous en face du point P′, en gardant une distance P′*d*′ égale à l'ancienne distance P*d*. Relevons le géométral et avec lui le point C en C_1 obtenu en utilisant la distance P′*d*′. L'angle ABC est restitué en ABC_1 qui est obtus et non plus droit.

Fig. 367



Le spectateur n'aura donc plus, en se plaçant en face de P′, l'illusion d'un angle droit qui se produisait quand il se plaçait en face de P.

Fig. 368 (*Coupe verticale faite sur le tableau*).



(*b*) 2e *Cas. — Le spectateur tout en restant dans le plan d'horizon, et bien en face du point principal, avance ou recule ; autrement dit, change de distance.*

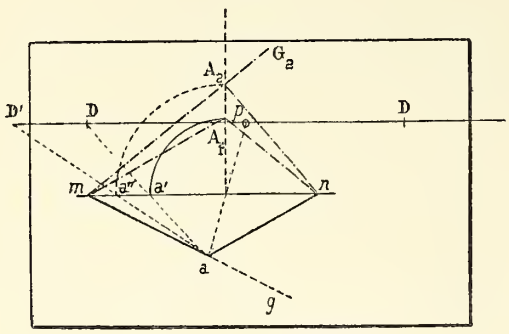
Soit (fig. 368) une droite verticale AB, regardée du point

O et donnant sur un tableau T une image *ab*. (La figure 368 représente une coupe géométrale faite par un plan vertical perpendiculaire au tableau.) Reculons en O′ l'œil du spectateur et cherchons la position de la verticale qui, reposant par son pied sur le géométral, donnerait comme apparence perspective la même image *ab*. On obtient la droite A′B′ et l'on voit que A′B′ est plus grande que AB et, surtout, plus éloignée qu'elle du tableau.

L'éloignement du spectateur a donc pour effet de reculer les différents plans de front du tableau et d'augmenter l'illusion de grandeur des figures qui y sont contenues. Les peintres connaissent bien cet effet ; ils le traduisent en disant que *le reculement du spectateur donne de la profondeur aux tableaux*.

Il est évident que le changement de distance modifiera aussi l'appréciation des angles horizontaux. Prenons, en effet, un angle perspectif *man* dont les deux côtés *am* et *an* vont en

Fig. 369



s'éloignant et essayons (fig. 369) de restituer cet angle. Ces restitutions se font par un relèvement du géométral. Voir, pour le détail des constructions, les n°s 184 et suivants.

Une première fois avec la distance *p*D nous obtenons l'angle mA_1n et une seconde fois avec la distance plus grande PD′, nous obtenons l'angle mA_2n qui est plus petit que dans le premier cas.

Donc le reculement a pour effet de faire apprécier plus petits qu'ils ne paraissaient du vrai point de vue, les angles horizontaux dont les côtés vont en s'éloignant ou en se rapprochant tous les deux du tableau.

Nota. — L'angle supplémentaire *nag*, dont un côté *an* s'éloigne et dont l'autre *ag* se rapproche du spectateur, paraîtra, au contraire, grandir quand le spectateur augmentera sa distance, c'est-à-dire se reculera.

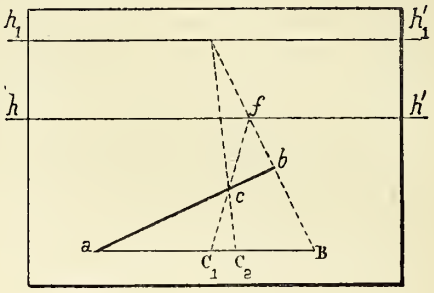
Il est évident que les effets inverses se produiront si le spectateur se rapproche.

263. **Déplacement vertical du spectateur, ou changement d'horizon ; ses conséquences.**

(*a*) *1er Effet : Destruction de l'illusion d'horizontalité.* — Supposons que le spectateur s'élève. La ligne d'horizon qui convient à sa nouvelle position va se trouver au-dessus de celle du tableau et, par conséquent, toutes les lignes horizontales du tableau dont le point de fuite se trouve sur la vraie ligne d'horizon vont sembler au spectateur posséder, maintenant, des points de fuite terrestres. Autrement dit, les lignes qui paraissaient horizontales paraîtront maintenant descendre.

L'effet inverse se produira si le spectateur s'abaisse.

Fig. 370



(*b*) *2e Effet : Destruction de l'illusion des rapports* (fig. 370). — Imaginons que nous voulions restituer le rapport dans lequel une ligne horizontale perspective *ab*, est divisée par un point *c*. Une première fois, faisons cette restitution en prenant *hh′* pour horizon et un point de fuite quelconque *f* sur *hh′*. Nous obtenons comme restitution le rapport $AC_1 : C_1B$.

En faisant une seconde fois la même restitution, mais en prenant le point de fuite en *f′* sur une seconde ligne d'horizon $h_1h'_1$, placée plus haut, nous obtenons le rapport $AC_2 : C_2B$ qui est plus grand que le précédent.

Ainsi, quand nous regardons un tableau en nous plaçant plus haut que son horizon nous faussons l'illusion des rapports ; nous avantageons, pour ainsi dire, les segments tels que *ac*, placés près du tableau, au détriment de ceux tels que *cb*, placés plus loin. En d'autres termes nous augmentons l'étendue apparente des zones, dites de premier plan.

(*c*) *Résumé.* — Des trois erreurs de position que le spectateur peut commettre quand il regarde un tableau, la plus grave est l'erreur de hauteur. Il faut donc, avant tout, placer l'œil à la hauteur de l'horizon, sinon on détruit l'illusion de l'horizontalité, celle des rapports et celle des angles. — Les autres défauts de position sont moins graves ; ils entraînent surtout des erreurs dans l'appréciation des angles.

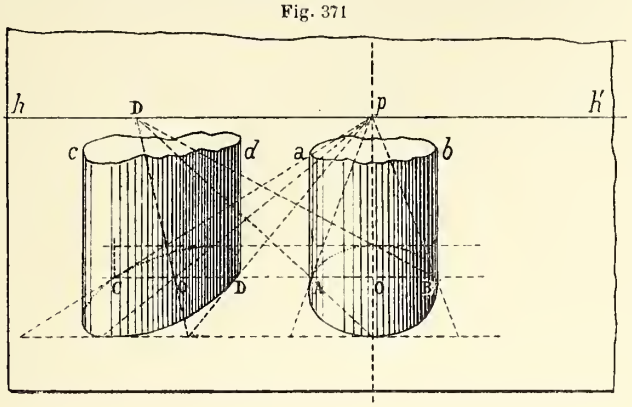
264. **Dérogations aux règles de la perspective.** — (*a*) *Colonnes.*

Ces dérogations portent surtout sur la représentation perspective des surfaces de révolution. — Imaginons (fig. 370) que nous ayons une série de colonnes, égales entre elles et placées de front. L'œil est en face du point *p* et il est facile de se rendre compte que la largeur perspective apparente, *cd*, d'une colonne placée de côté, en CD, devrait être plus

grande que celle, *a*, *b*, d'une colonne AB, placée au milieu. La considération des carrés circonscrits aux cercles de base le fait voir *à priori*.

Sur le croquis de la figure 371, on a, pour exagérer l'effet, pris une distance *p*D beaucoup trop petite. Néanmoins, si

Fig. 371

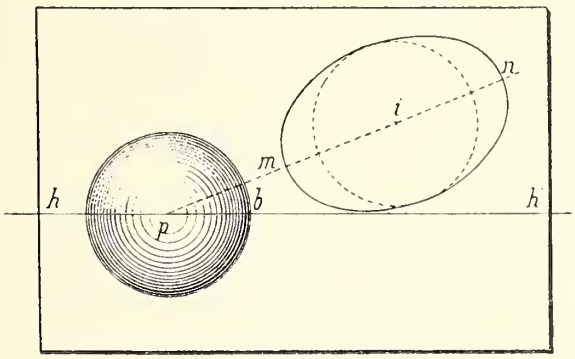


l'on pouvait placer l'œil exactement en face de *p*, à une distance égale à *p*D et regarder le tableau par un œilleton suffisamment petit, l'effet produit serait exact et l'on aurait l'illusion de colonnes cylindriques égales entre elles. Mais, surtout si le tableau est de grandes dimensions, le spectateur est entraîné à se déplacer, soit à droite, soit à gauche pour mieux juger des détails. Alors, s'il se place en face de la colonne de gauche CD, l'effet produit par la colonne AB est très choquant. Elle paraît beaucoup trop étroite, et la colonne CD paraît avoir une base elliptique placée de travers. L'effet n'est pas tolérable.

C'est pourquoi les grands peintres, ayant à représenter un portique de front, ont toujours soin de donner aux colonnes des diamètres apparents perspectifs égaux entre eux. Ils dérogent ainsi, avec juste raison, aux règles de la perspective.

(*b*) *Sphère.* — Une sphère, placée bien au milieu du tableau et à hauteur de l'œil, c'est-à-dire ayant la perspective de son centre confondue avec le point principal *p*, doit être

Fig. 372



figurée par un cercle (fig. 372) ; mais si son centre apparaît en un autre point, tel que *i*, sa perspective exacte doit être le plus souvent une ellipse dont le grand axe, *mn*, est dirigé vers le point principal *p*.

Le grand axe *mn* s'obtiendrait comme suit :

1° On mènerait par le point *p* une perpendiculaire sur *pi*, (*i* étant la perspective du centre de la sphère) et on y porterait une longueur *p*O′ égale à la distance principale. O′ serait donc un rabattement de l'œil.

2° On tracerait de *i* comme centre une circonférence qui serait la perspective du méridien de front de la sphère : (Elle est tracée en pointillé sur la fig, 372).

3° Du point O′, rabattemenf de l'œil, on mènerait deux tangentes à cette circonférence et leurs rencontres avec *pi* donneraient, en *m* et *n*, les extrémités du grand axe.

(*c*) *Nota.* — 1° Le petit axe ne passe pas par le point *i*.

2° Si le centre *i* était très éloigné de *p* la perspective rigoureuse de la sphère pourrait être une parabole ou une hyperbole. Le théorème de **Dandelin** permettrait de préciser les tracés. Nous n'insisterons pas, puisque notre conclusion va être de ne pas pousser jusqu'à ces limites la rigueur géométrique.

(*d*) *Conclusion.* — Regardé bien exactement du vrai point de vue le tableau pourra donner en *mn* aussi bien qu'en *ab* l'illusion d'une sphère ; mais regardé en se plaçant à droite l'effet sera très mauvais, et l'on croira voir en *mn* un ellipsoïde déformé. C'est pourquoi **Raphaël**, dans son tableau de l'École d'Athènes, a figuré par un cercle la sphère que tient un personnage placé tout à fait sur le côté.

Pour la même raison, les surfaces de révolution qui sont sur les côtés d'un grand tableau doivent, par une dérogation aux règles de la perspective, être figurées comme si leur axe était la verticale principale du tableau. Autrement dit, les ellipses qui représentent les différents parallèles doivent, toutes, avoir leur petit axe dirigé suivant l'axe même de la surface et leur grand axe dirigé horizontalement. En un mot, elles doivent être représentées comme si elles étaient dessinées d'après nature par un observateur dont le rayon visuel principal serait dirigé sur l'axe de la surface. De cette façon, lorsque l'on regardera l'ensemble du tableau en se plaçant au vrai point de vue, les surfaces de révolution telles que des vases, des balustres placés sur le côté ne paraîtront pas très justes, mais par contre, lorsque l'on se déplacera, leur apparence sera parfaitement acceptable et n'aura rien de choquant.

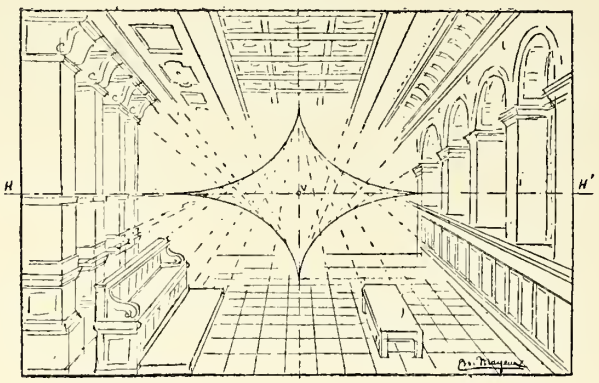
265. Emploi de plusieurs points de fuite pour une même direction.

M. L. de la Gournerie et **M. F. Julien** ont expliqué pourquoi, dans le célèbre tableau des Noces de Cana, les dimensions considérables de la toile, surtout en largeur, ont engagé son auteur, **Paul Véronèse**, à prendre deux points de fuite différents pour les lignes des entablements, malgré que toutes ces lignes, en leur qualité de perpendiculaires au

tableau, dussent avoir comme point de fuite unique le point principal.

Dans ce tableau les lignes de gauche ont leur point de fuite sur l'horizon, mais il a été pris à gauche de l'axe vertical du tableau tandis que celui des lignes de droite a été pris à droite. De cette façon le spectateur qui regarde plus spécialement une des deux moitiés du tableau trouve pour les lignes dominantes de cette moitié un point de fuite moins défectueux que n'eût été le point principal.

Fig. 373



M. **Mayeux** a généralisé cette dérogation aux lois strictes de la perspective et l'a rendue plus acceptable encore. Je lui laisse la parole.

« Il est évident, dit M. **Mayeux** dans le Journal de l'*Architecture*, que ni P. Véronèse, ni les peintres décorateurs du XVIIe et du XVIIIe siècle, qui ont usé de la licence des points de fuite multiples pour les horizontales *d'apparence perpendiculaire au tableau*, n'ont entendu créer deux horizons, ce qui serait absurde. Ils ont simplement cherché à *élargir le fond* en supposant une obliquité variable aux constructions d'apparence parallèles.

Sitôt que cette particularité m'eut frappé, je recherchai s'il n'était pas possible de passer avec transition d'un point de fuite à un autre. Je ne trouvai qu'un moyen : celui de les supprimer et de les remplacer par un *faisceau de quatre courbes* semblables, établies dans le genre des directrices des normales d'une ellipse. Ces courbes, d'un tracé arbitraire, n'exigent que la condition d'une courbure bien continue venant se raccorder sur l'horizon et sur la verticale du point de vue, comme l'indique le croquis ci-contre (fig. 373).

Dès lors, au lieu de diriger successivement la règle vers différents points de fuite, en sautant de l'un à l'autre, on la fait tout simplement glisser tangentiellement aux courbes opposées situées au-dessus et au-dessous de l'horizon ; l'on peut ainsi rayonner en tous sens sans aucune solution de continuité.

Inutile d'ajouter que le profil de la courbure et son degré d'aplatissement sur l'horizon doivent être tâtonnés et calculés suivant les circonstances. Je me souviens avoir fait deux ou trois tracés perspectifs à l'aide de ce procédé, notamment un fond de large galerie, et avoir été satisfait du résultat.

Mais il en est de ce procédé comme de celui des points de fuite multiples, basés tous deux sur une licence ; c'est que si on obtient un avantage d'un côté, c'est au détriment d'un autre. Si, par exemple, les murs verticaux *paraissent s'écarter*, les parties horizontales du sol et du plafond *semblent se resserrer*. C'est dire que ces procédés ne peuvent s'appliquer qu'exceptionnellement et lorsque les surfaces à décorer ont de très grandes dimensions en largeur, forçant ainsi le spectateur à se déplacer dans le *sens horizontal* ; dans ce cas alors l'application en est indispensable.

J'ajouterai que l'application pourait s'en faire également pour les surfaces à décorer ayant une grande dimension en hauteur : une cage d'escalier, par exemple, où le spectateur se déplacerait dans le *sens vertical*. Il suffirait alors d'aplatir les courbes contre la verticale du point de vue et de diriger les fuyantes tangentiellement aux courbes situées à droite et à gauche de cette ligne. Mais ce dernier cas est très rare dans la pratique. »

CHAPITRE XII

DESSIN D'APRÈS NATURE

§ I. — Relevé géométral

266. Dessins constituant un relevé géométral.

Le relevé géométral d'un objet consiste en un croquis, fait en général à main levée, et dans lequel l'objet est représenté par un plan, par une élévation et par une coupe ; c'est-à-dire, en un croquis sur lequel l'objet est projeté trois fois, savoir : sur le plan horizontal, sur le plan vertical et sur un plan de profil.

Un croquis à main levée ne peut être exécuté avec assez de précision pour être fait à une échelle donnée. En tout cas, si l'on indique l'échelle d'un croquis (1/4, 1/5, 1/10.....,) cela ne peut être que pour permettre de juger *approximativement* des dimensions absolues ou relatives de ses différentes parties et nullement pour les mesurer rigoureusement, comme on pourrait le faire sur un dessin au net exécuté avec les instruments de précision.

Un relevé géométral doit être coté.

L'exécution d'un relevé géométral comprend les quatre opérations suivantes :

1° La mise en feuille et l'esquisse du croquis ;
2° Le croquis définitif ;
3° La préparation des cotes ;
4° La mesure et l'écriture des cotes.

267. Mise en feuille du croquis.

Après avoir pris connaissance de l'objet à relever, on décide quelles sont les projections qu'il est nécessaire de donner et on s'inquiète de la bonne *mise en feuille* du dessin. Il faut, pour cela, apprécier les grandes dimensions de l'objet, c'est-à-dire sa plus grande largeur, sa plus grande hauteur et sa plus grande profondeur. On peut, pour y arriver, mesurer approximativement ces dimensions avec un mètre. Il vaut encore mieux évaluer, au coup d'œil, les rapports de ces trois grandes dimensions ou se servir, pour cette évaluation, d'une petite baguette prise pour commune mesure.

Supposons que nous ayons à représenter un coffre rectangulaire dont les dimensions soient approximativement : Hauteur $H = 0^m,30$. Longueur $L = 0^m,50$ Profondeur $P = 0^m,40$. On a les proportions ;

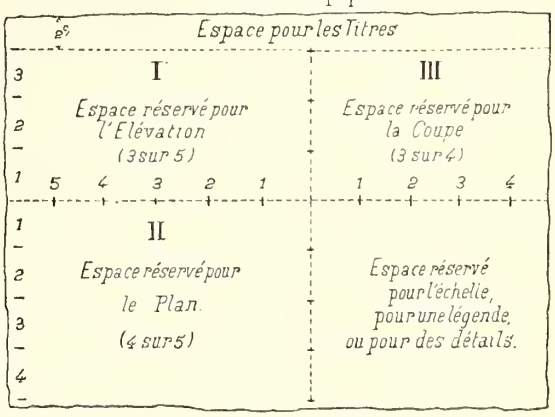
$$\frac{H}{0,30} = \frac{L}{0,50} = \frac{P}{0,40} \quad \text{ou} \quad \frac{H}{3} = \frac{L}{5} = \frac{P}{4}.$$

Les trois grandes dimensions sont donc entre elles comme les nombres 3, 5 et 4.

Faut-il disposer le dessin dans le sens de la longueur de la feuille ou plutôt dans celui de la hauteur ?

On est dans l'habitude (fig. 374 et 375) de placer l'élévation principale en haut et à gauche, le plan en dessous de l'élévation, en concordance de largeur avec elle, et la coupe, à droite de l'élévation et en concordance de hauteur avec elle. Or, l'élévation donne les hauteurs et les largeurs, le plan fournit les largeurs et les profondeurs, la coupe redonne les hauteurs déjà connues par l'élévation et les profondeurs déjà indiquées sur le plan.

Fig. 374
Feuille de papier



Par conséquent, il faut répartir sur la feuille les espaces de telle sorte que, dans un sens, nous ayons la largeur ($L = 5$), et la profondeur ($P = 4$), ensemble 9, tandis que dans l'autre sens nous aurons hauteur ($H = 3$), et profondeur ($P = 4$), ensemble 7. Autrement dit, nous devons (fig. 374) prendre la feuille dans le sens de sa longueur.

Par suite, après avoir réservé en haut, pour les titres, une bande de 2 centimètres environ de hauteur, nous diviserons ce qui reste de la feuille en trois compartiments I, II et III,

dont les proportions soient à peu près celles indiquées ci-dessus (5, 3 et 4). A ce moment la répartition des places dans la feuille est faite, il ne reste plus qu'à tracer les axes de chaque compartiment et à dessiner chaque projection autour de ses axes en remplissant, autant que possible, tout l'espace disponible. On doit éviter de faire des croquis trop petits.

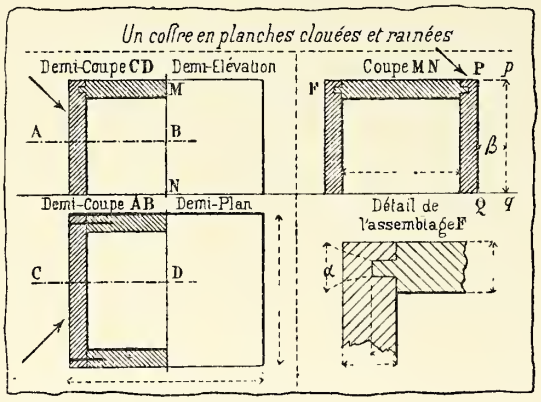
268. Esquisse du croquis.

On se conformera aux principes suivants :

1° Les ensembles doivent toujours être faits avant les détails et les lignes enveloppantes doivent être dessinées avant les lignes enveloppées ;

2° Les contours trop mouvementés doivent être simplifiés dans cette esquisse. C'est ainsi que, dans ce premier travail, les moulures, les profils, les congés de peu d'importance seront provisoirement remplacés par leurs épannelages ou

Fig. 375



par leurs lignes d'étagement ; ils seront repris ensuite plus en détail ;

3° Les trois projections doivent s'esquisser simultanément avec leurs points bien en concordance, soit de hauteur (élévation et coupe), soit de largeur (élévation et plan), soit de profondeur (plan et coupe). Il ne faut jamais terminer complètement une projection avant d'avoir esquissé complètement les deux autres ;

4° On ne doit prendre, en dessinant, aucune mesure ayant la prétention d'être précise. Il faut, autant que possible, évaluer au coup d'œil les proportions sans se servir du mètre ;

5° Les cotes de mesure ne se préparent, ne se mesurent et ne s'écrivent qu'une fois le dessin du croquis complètement achevé.

Comme exemple très simple d'une mise en place d'un croquis, nous donnons ci-contre (fig. 375), le relevé géométral, non coté, d'un coffre rectangulaire creux.

On voit comment on a profité de la symétrie pour donner, au lieu d'une élévation longitudinale complète, une demi-coupe et une demi-élévation, placées de chaque côté d'un même axe.

On a opéré d'une manière analogue pour le plan.

Voir comme exemple de la même disposition le croquis coté d'une crapaudine donné plus loin (fig. 380).

269. Le croquis définitif au trait.

L'esquisse précédente a dû être exécutée très rapidement. Pour un croquis qui demanderait deux heures, on doit consacrer quinze minutes environ à cette esquisse rapide. Une fois qu'elle est terminée, on atténue les lignes, en se servant de la gomme, mais sans les effacer complètement ; après quoi on repasse les traits au crayon bien taillé, en corrigeant ceux qui paraissent mauvais sur l'esquisse, en rectifiant les proportions qui semblent fausses et en rétablissant les concordances de hauteur, de largeur et de profondeur mal observées. C'est alors que l'on s'occupe des détails tels que moulures, congés, etc., qui, de parti pris, ont été négligés dans l'esquisse précédente.

270. Traits de force.

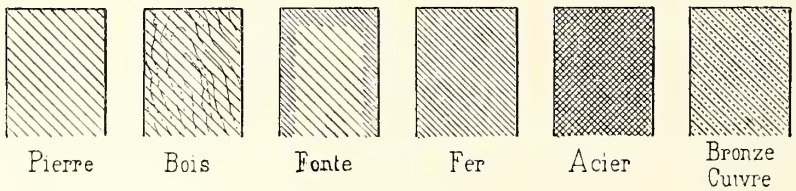
Pour mieux faire sentir le relief on place des traits de force dans les croquis et dans les dessins de machines. En général, on n'en met pas dans les dessins d'architecture.

Règle à suivre. — Un trait de force se place sur toutes les arêtes, droites ou courbes, qui formeraient séparation entre une surface dans la lumière et une surface dans l'ombre. On ne doit jamais en mettre sur une ligne de contour apparent (1). Nous avons donné plus haut la justification des traits de force. (Voir deuxième partie, le Rendu.)

271. Hachures et teintes conventionnelles.

Les surfaces coupées reçoivent des hachures équidistantes et ordinairement inclinées à 45° suivant une direction perpendiculaire au rayon lumineux.

Fig. 376



Lorsque l'on dispose de couleurs, on peut remplacer les hachures par des teintes conventionnelles indiquant la nature de la matière coupée (pierre, fer, bois, etc.).

Les principales conventions sont les suivantes (fig. 376).

(1) Dans les Ecoles d'arts-et-métiers, on place des traits de force sur les lignes de contour apparent situées dans l'ombre. — Rien ne justifie cette convention.

Pierre : hachures largement espacées, ou teinte rose légère.

Bois : hachures largement espacées avec indication des veines du bois, ou bien teinte légère de sépia additionnée de terre de sienne brûlée et imitation des veines, au pinceau.

Fonte : hachures largement espacées, doublées sur les bords d'un liseré de hachures plus serrées, ou bien teinte légère de bleu de Prusse additionnée d'un peu d'encre de Chine et de carmin.

Fer : hachures serrées, ou teinte légère de bleu de Prusse.

Acier : hachures serrées, croisées dans les deux sens, ou teinte de bleu de Prusse assez intense.

Cuivre et bronze : hachures serrées, alternativement pleines et pointillées, ou teinte de gomme gutte additionnée d'un peu de carmin.

272. Préparation des cotes.

Avant de mesurer les cotes avec les instruments de mesure (mètre, compas d'épaisseur, etc.), il faut les préparer *en attente* sur le croquis. Cette opération doit être faite à tête reposée, presque sans consulter le modèle en relief, et avec le plus grand soin.

Autant que possible, on doit écrire les cotes en dehors du contour de l'objet représenté. On trace alors des lignes pointillées telles que P*p*, Q*q* (fig. 375), qui se nomment *des attaches*, et la ligne *pq*, interrompue au milieu pour y inscrire la cote, est terminée à ses deux extrémités par une petite flèche qui touche les attaches. Cette ligne interrompue *pq* se nomme *une attente*.

Dans certains cas (voir α, fig. 375), lorsque l'écartement des attaches serait trop petit pour y inscrire un nombre, on écarte les attaches. Les cotes sont dites alors inscrites en *soufflet*.

Quelquefois aussi, surtout pour coter des épaisseurs, telles que β (fig. 375), on place l'attente dans l'épaisseur et on inscrit la mesure sur le côté.

La meilleure méthode à suivre, pour ne pas oublier de cotes, consiste à préparer d'abord les hauteurs et à les mettre en attente, soit sur l'élévation, soit sur la coupe, puis ensuite les largeurs, mises en attente sur le plan ou sur l'élévation, et de terminer par les profondeurs, préparées sur le plan ou sur la coupe.

Pour les relevés d'architecture, surtout lorsqu'il s'agit d'un profil, nous indiquons plus loin (n° 377) la meilleure marche à suivre pour préparer et pour relever les mesures.

Dans tous les cas, on se conformera aux principes suivants :

1° Préparer d'abord toutes les grandes cotes et reporter leurs attentes aussi loin que possible en dehors des contours de l'objet. — Les préparer d'un trait un peu fort et, plus tard, quand on les aura mesurées, inscrire les nombres trouvés en chiffres assez gros ;

2° Préparer ensuite les cotes de second et de troisième ordre, et plus elles mesurent des dimensions petites, plus il convient d'en placer les attentes près du contour du dessin, plus il convient aussi de dessiner finement leurs attentes et de les écrire en petits caractères.

273. Mesure des dimensions dans un relevé d'architecture.

Nous ne nous occuperons pas du relevé d'un édifice tout entier (cette opération se ferait par les méthodes générales du levé de plans), mais seulement d'un fragment d'architecture ; un entablement, par exemple.

(*a*) *Croquis d'une corniche.* — Soit (fig. 377), en croquis, l'élévation et le plan de l'angle d'un entablement (Tribune des Cariatides, à Athènes).

On remarquera qu'il est inutile de donner une coupe, puisque le profil est indiqué sur l'élévation. Le plan lui-même ne serait pas indispensable.

Sur une partie libre de la feuille on a donné, à plus grande échelle, en A, B et C, le détail des principales moulures.

Le croquis une fois fait, la prise des cotes revient, en définitive, à mesurer les hauteurs (ou *ordonnées*) et les profondeurs (ou *abscisses*) des différents points du profil.

(*b*) *Fil à plomb et règle verticale divisée.* — A cet effet, sur le point le plus saillant de la corniche on placera un fil à plomb qui donnera la verticale ; derrière le fil à plomb, on fixera une règle plate divisée en millimètres sur toute sa longueur, et dont l'arête sera parallèle au fil à plomb. Le zéro de cette règle peut occuper une position quelconque, pourvu qu'il soit au-dessus du point le plus élevé de la corniche. Pour maintenir cette règle suspendue dans l'espace, on peut adopter la disposition suivante (fig. 378).

(*c*) *Planchette à écrou.* — A est une planchette de bois qui repose sur le dessus de la corniche par sa partie la plus large et y est maintenue par un contrepoids (une pierre ou une masse D assez lourde). La partie élégie *f*, de la planchette est en dehors. Elle est percée d'un trou *f*. La règle présente un trou correspondant *f'*. Un écrou à oreille C, peut pénétrer dans les deux ouvertures *f* et *f'* et soutenir la règle B.

Enfin le fil à plomb est maintenu par une encoche ou par un trait de scie, *d*, pratiqué dans la planchette.

De cette façon, même si le dessus de la corniche est légèrement incliné, il sera facile de placer l'arête de la règle parallèle au fil à plomb. On serrera alors l'écrou et la règle gardera la position verticale prise.

(*d*) *Equerre graduée.* — Pour mesurer les profondeurs on pourra se servir d'une équerre MN, dont le grand côté de l'angle droit sera gradué en millimètres. Il est bon que le zéro soit exactement à la pointe M, mais ce n'est pas absolument nécessaire.

De cinq en cinq centimètres, et même à des intervalles

Fig. 377

Elévation et Profil

Détails

Plan

Hauteurs cumulées

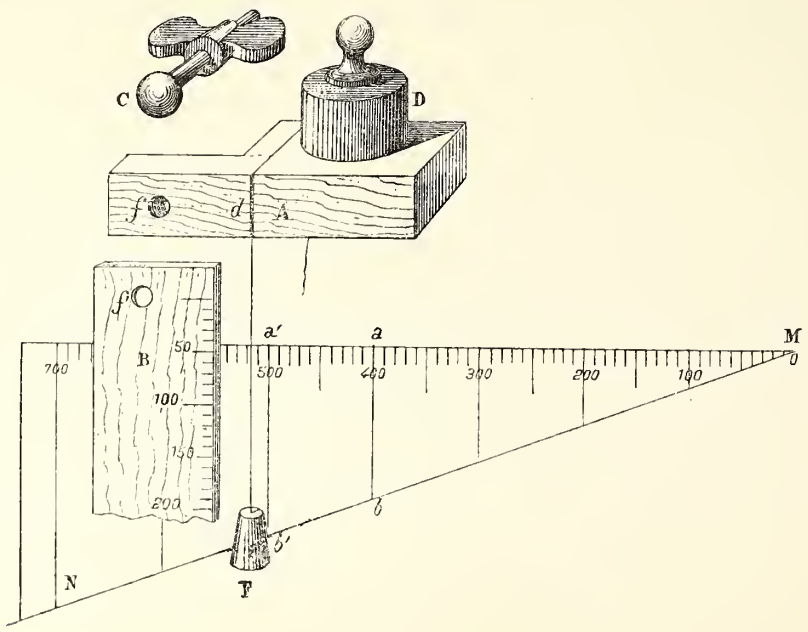
Profondeurs

Règle divisée

Fil à plomb

Nota. *Les cotes sont données en millimètres.*

Fig. 378



plus rapprochés, on aura mené des droites telles que $ab - a'b'$... bien exactement perpendiculaires sur le côté divisé. Il est facile de construire soi-même la planchette A et de graduer une équerre comme nous venons de l'indiquer sans avoir recours à un constructeur spécial.

Cela posé, on opère de la manière suivante :

(*e*) *Mesure des cotes.* — 1° On place la règle et le fil à plomb comme nous venons de le dire et comme le montre la figure 377.

2° Avec la pointe M, de l'équerre divisée on vient toucher les points à relever. On a soin de placer l'équerre de telle sorte que les lignes $ab - a'b'$... soient parallèles au fil à plomb. On est sûr, dès lors, que le dessus de l'équerre est bien horizontal, ce qui est absolument indispensable.

3° On lit alors d'un seul coup : (*a*) la division de l'équerre qui se trouve en regard du fil à plomb : cela donne l'*abscisse* ou *profondeur* du point en arrière du fil (1) ; (*b*) la division de la règle qui est au niveau du dessus de l'équerre ; cela donne l'*ordonnée* ou *hauteur* du point au-dessous du zéro de la règle.

La première cote s'écrit (fig. 377) dans la colonne intitulée *profondeurs*, et la seconde dans la colonne intitulée *hauteurs cumulées*. Il est évident maintenant que pour avoir la hauteur absolue d'un fragment de la corniche, du larmier, par exemple, il suffira de chercher la différence ($280 - 170 = 110^m$) des deux hauteurs cumulées répondant d'une part à son point le plus haut et d'autre part à son point le plus bas.

(*f*) *Mise au net.* — Mais cette recherche des hauteurs partielles est inutile pour la mise au net. En effet, pour exécuter à une échelle donnée (1/10, 1/5, etc...) le dessin au net du profil relevé en croquis sur la figure 377, il suffira de tracer sur le papier une verticale qui représentera la règle divisée et, plaçant le zéro *où l'on voudra*, de porter, à l'échelle du dessin, sur cette verticale, les hauteurs cumulées dont la cote est inscrite sur le croquis. On fera de même pour les profondeurs, et, tout simplement, par cette opération qui, en somme, est l'inverse de celle exécutée pour prendre les cotes, on aura tous les points des profils exactement mis en place et à l'échelle voulue.

Les détails seront relevés à part en A, A, C (fig. 377) et ordinairement à plus grande échelle.

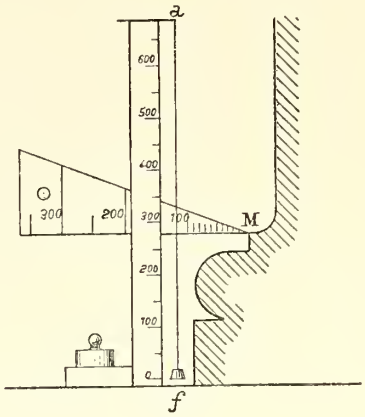
Pour relever un profil courbe, par exemple le quart de rond du détail A, il suffit de chercher les coordonnées d'un nombre suffisant de points, convenablement choisis (voir détail A).

On recommande de prendre toujours pour unité de mesure le millimètre. Cela évitera, dans presque tous les cas, d'écrire des fractions décimales avec des virgules et diminuera les chances d'erreurs dans les écritures. Dans ce cas 20 centimètres, au lieu de s'écrire 0^m20 s'écrira 200. — 3 mètres 535 millimètres, s'écrira 3535.

Nota.— Sur le croquis (fig. 377) le détail B a ses cotes préparées en attente. Sur le croquis C tout est à préparer, à mesurer et à écrire.

(*g*). *Soubassements.* Si l'on a un soubassement à relever, ou un détail dont la partie supérieure ne soit pas en surplomb, on peut placer la règle et le fil à plomb comme l'indique le croquis ci-contre (fig. 379) : La planchette repose alors sur le sol.

Fig. 379



(*h*) *Surfaces de révolution.* — S'il s'agit d'une surface de révolution, par exemple d'une colonne ou d'un balustre, on mesurera avec un fil, placé comme une ceinture autour de la surface, le périmètre d'une partie cylindrique et, divisant le nombre ainsi trouvé par le nombre π (= 3,1415), on en déduira le diamètre et par suite le rayon de cette partie. Après quoi, se plaçant bien exactement dans le plan d'un méridien on relèvera, comme ci-dessus, un profil et on en déduira les rayons de tous les parallèles autres que celui que l'on a mesuré, en commençant, avec un fil.

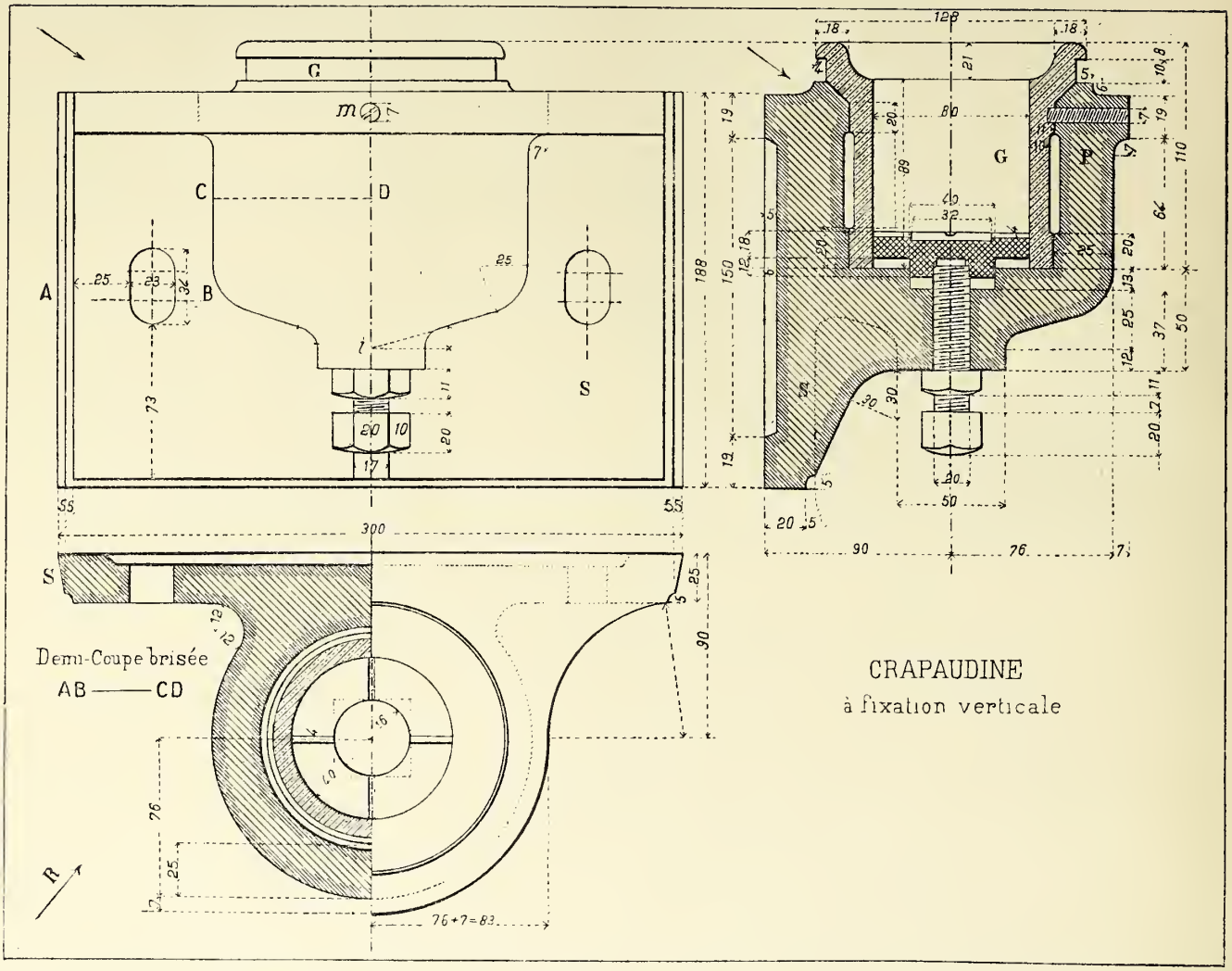
274. Mesure des dimensions dans un levé de machines.

La figure 380 donne le relevé d'un organe de machines connu sous le nom de *Crapaudine*.

Les crapaudines sont des organes de machines qui servent à guider le mouvement d'arbres verticaux. La crapaudine de la figure 380 est à *fixation verticale*, contre un mur. Elle se compose d'une boîte cylindrique en fonte P (voir la coupe) nommée la *poêlette*, fondue d'une seule pièce avec une plaque verticale S, nommée la *semelle*. Cette semelle doit s'appliquer sur un mur, par l'intermédiaire d'une plaque en fonte munie de deux *ergots* taillés en plan incliné, ce qui permet le réglage de l'appareil dans le sens hori-

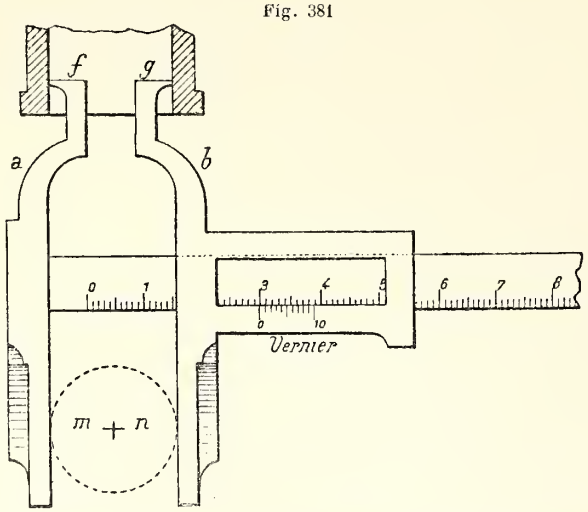
(1) Dans la colonne des profondeurs (fig. 377) on lit quelquefois deux chiffres ; cela veut dire qu'il y a deux points ayant des profondeurs différentes, quoique situés à la même hauteur ; le croquis fait voir quels sont ces deux points.

Fig. 380



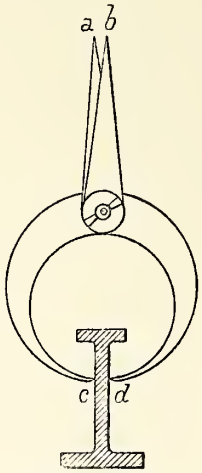
zontal. Cette plaque de fixation n'est pas figurée sur le croquis.

Fig. 381



Un cylindre en bronze G, nommé le *gobelet*, parfaitement ajusté au tour, est logé dans l'intérieur de la poêlette. On remarquera que, pour la facilité de l'ajustage, le gobelet n'est en contact avec la poêlette qu'à la partie supérieure

Fig. 382



et inférieure et par l'intermédiaire de ce que l'on nomme *des portées*. (Sur le croquis, en coupe, ces portées ont une hauteur de 20 millimètres.)

Le fond du gobelet est occupé par un disque d'acier nommé *grain*. Le *pivot*, extrémité de l'arbre vertical et qui n'est pas figuré sur le croquis, est guidé par le gobelet et repose sur le grain d'acier. Le pivot tourne en frottant sur le grain : l'usure principale a donc lieu pour ces deux parties, le pivot et le grain.

Le grain d'acier porte, pour loger l'huile, une cavité centrale avec quatre rainures rayonnantes pour la répartir sur les surfaces en contact. A sa partie inférieure le grain repose sur la tête d'une vis, destinée à assurer le *réglage vertical* et à détruire ainsi, au fur et à mesure, l'effet de l'usure du pivot et de celle du grain.

Enfin une petite vis *m* empêche le gobelet de tourner avec le pivot.

Les trois figures qui composent le relevé se comprennent facilement sur le croquis de la figure 380.

On remarquera que sur le plan on a profité de la symétrie pour donner, à gauche, une demi-coupe horizontale AB-CD. C'est ce que l'on nomme une *coupe brisée*. Sur l'élévation, on voit qu'après avoir suivi la direction AB, afin de passer sur le trou du boulon de fixation, le plan horizontal de coupe remonte en AB, afin de couper le gobelet entre ses deux portées.

Le dessin une fois terminé, les cotes ont été préparées à tête reposée et mesurées ensuite.

Pour mesurer les lignes droites on se sert d'un mètre ordinaire pliant, dit *mètre de charpentier*. Le premier décimètre de chaque extrémité doit être gradué en millimètres et le zéro de la graduation doit se trouver exactement à l'extrémité garnie de cuivre du mètre.

Pour mesurer avec précision les épaisseurs ou les diamètres des corps ronds, on se sert du *pied à coulisse* muni d'un vernier (fig. 381).

Pour mesurer un diamètre intérieur tel que *fg*, le pied à coulisse est souvent muni de deux parties saillantes *a* et *q*, dont les saillies *f* et *g* ont exactement le même écartement que les deux mâchoires *m* et *n*. Le même vernier en donne donc l'écartement. Le pied à coulisse est dit alors : Pied *maître de danse*.

Pour mesurer l'épaisseur, *cd*, d'une paroi rentrante comme par exemple l'épaisseur d'un fer à T, on se sert du *compas d'épaisseur* (fig. 382). L'écartement des deux pointes *a* et *b* est exactement le même que celui des deux mâchoires *c* et *d*.

§ II. — Perspective d'observation (1). — Mensuration

275. Objet de la perspective d'observation.

Les paragraphes qui vont suivre serviront de lien entre le dessin purement théorique, que nous avons étudié jusqu'à présent sous le nom de *perspective linéaire*, et le dessin d'après nature qui, sous l'appellation de *perspective d'observation*, va nous permettre de représenter, *tels qu'on les voit*, les objets qui poseront devant nous.

Dans le dessin d'après nature l'observation directe joue le rôle principal ; le dessinateur qui aurait un œil assez exercé et gardant avec assez de persistance et de précision la mémoire des formes (ce que **Lecoq de Boisbeaudran** appelait la *mémoire pittoresque*) pourrait, à la rigueur, très bien dessiner quoique sans rien connaître des lois de la perspective ni, d'une manière plus générale, des principes de la science du dessin.

Certaines personnes voyant des artistes dessiner fort juste, avec tout le sentiment désirable et sans avoir l'air de préparer ni de coordonner entre elles les phases de leur travail, ont voulu pour l'enseignement du dessin ériger en principe l'inutilité de toute méthode et la phrase bien connue : « *Dessinez ce que vous voyez* » doit, suivant elles, tenir lieu de tout ; c'est le langage de ceux que, dans le monde de l'enseignement, nous nommons des *amateurs éclairés* ; mais le véritable professeur, celui auquel incombe la responsabilité d'apprendre à dessiner à des collectivités d'élèves et qui tient à remplir consciencieusement son devoir ne pense pas ainsi.

Bien entendu, il faut dessiner ce que l'on voit mais encore faut-il faire l'éducation de l'œil, c'est-à-dire lui apprendre à voir, et c'est précisément cette éducation de l'œil qui constitue la science du Dessin.

En dernière analyse apprendre à dessiner c'est apprendre à évaluer des rapports et à les reproduire (rapports de longueurs et de positions, rapports de valeurs). Si le coup d'œil est exercé, cette évaluation se fait instantanément et sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures ni de faire des tâtonnements. Mais pour la très grande majorité des élèves on n'arrive à ce résultat qu'après avoir longtemps et méthodiquement *mesuré*, c'est-à-dire *comparé*.

Mesurer est donc le premier terme de la science du dessin.

Mais il faut coordonner ses opérations ; il faut distinguer entre les ensembles et les détails et, pour les uns comme pour les autres, reconnaître ce qu'il convient d'observer en premier lieu, et ce qu'il faut rejeter pour plus tard.

Coordonner est le second terme de la science du dessin.

Enfin, certaines lois naturelles s'imposent au dessinateur : Telles sont celles de la perspective ou de la représentation géométrale, celles de la plastique (ombres, coloris, modelé) et celles de l'anatomie (figure humaine, animaux, plantes) ; ces lois il faut les *connaître*.

(1) MM. **Nony et Cie**, Editeurs, ont bien voulu pour cette troisième édition de notre Perspective, nous autoriser à emprunter au **Dessin de Paysage**, par MM. Guiot et Pillet, la plus grande partie du texte et des figures de ce chapitre. Nous leur en exprimons toute notre reconnaissance.

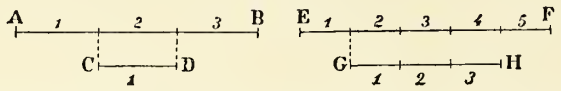
Mesurer, coordonner et *connaître* : tout, en dessin, se réduit à ces trois opérations de l'esprit.

276. **Rapports de longueur.** — (*a*) *Définition.* — Le rapport de deux longueurs AB et CD (fig. 283) est le résultat de la comparaison des deux longueurs : pour parler plus rigoureusement, c'est le nombre qui résulte de la mesure faite de la première, en prenant la seconde pour unité.

Par exemple, si la première ligne, AB, contient trois fois la seconde ligne, CD, le résultat de la mesure, autrement dit le *rapport* des deux lignes, est le nombre entier trois.

Si, au contraire, on avait mesuré la seconde ligne CD en prenant la première AB pour unité, le résultat de la mesure,

Fig. 383



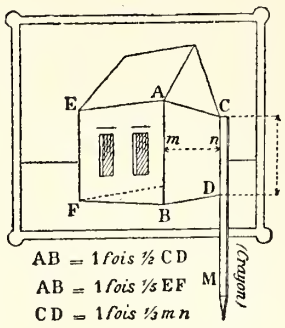
c'est-à-dire le rapport de CD à AB, eût été le nombre fractionnaire un tiers (1/3).

Autre exemple : la ligne EF contient cinq fois ce que la ligne GH contient trois fois : le rapport de EF à GH est donc le nombre fractionnaire 5/3, tandis que le rapport de GH à EF eût été la fraction inverse, 3/5.

On voit par ces exemples que, suivant que l'on prend l'une ou l'autre des lignes pour unité, le résultat de la mesure, autrement dit le *rapport* des deux lignes, est représenté par une fraction ou par la fraction inverse.

(*b*) *Evaluation des rapports.* — En dessin, on évalue les rapports par la même méthode qu'en géométrie : cela se fait en portant la plus petite longueur sur la plus grande ; en cherchant combien de fois elle y est contenue, et, s'il y a un reste, en évaluant ce reste par rapport à la plus petite. En géométrie, lorsque l'on veut arriver à une évaluation tout à fait rigoureuse, on peut être amené à faire se succéder ainsi un grand nombre d'opérations de cette nature avant d'arriver au résultat final ; en dessin, on ne cherche

Fig. 384

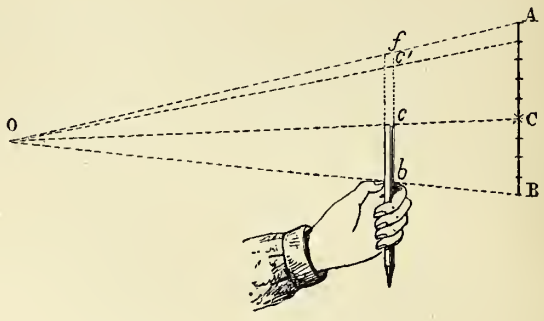


pas la rigueur mathématique ; on doit beaucoup se fier au coup d'œil, et, en général, une seule opération suffit. Nous allons en donner la description.

Soit à apprécier, dans un dessin d'après nature (fig. 384), le rapport des deux lignes AB et CD, qui sont ici les deux arêtes d'une maison. On opère comme suit :

1° Avec le crayon CDM *tenu à bout de bras* (fig. 385) et bien de face, on recouvre la ligne CD, qui est la plus petite ; en

Fig. 385



général, on place l'ongle du pouce en D, (fig. 384) ou en *h* (fig. 385), afin de marquer la longueur à conserver sur le crayon ;

2° Puis, en tenant toujours à bout de bras, et de face, on porte autant de fois que possible la longueur CD sur la longueur AB ;

3° Enfin, on compte le nombre de fois que CD est contenue dans AB : quant au reste, on l'apprécie à vue d'œil.

Ainsi, dans le cas actuel, on dirait : CD est contenue une fois et demie, environ, dans AB ;

EF est contenue une fois et un peu moins d'un cinquième dans AB ;

L'écartement *mn* des deux premières arêtes est contenu une fois et un peu plus d'un tiers dans CD, et ainsi de suite.

Ce langage n'est pas très correct, mais il suffit dans la pratique du dessin.

C'est de cette manière que, dans une esquisse d'après nature, on arrive à comparer les différentes lignes du dessin à une même ligne (ici AB ou CD) prise comme unité, c'est-à-dire comme terme de comparaison.

En résumé, on prend toujours comme unité la plus petite des deux longueurs et on l'appelle *un* : on la porte sur la plus grande et on en déduit le nombre (2, ou 2,4 ou 3,5 etc.. ..) qui résulterait de la mesure.

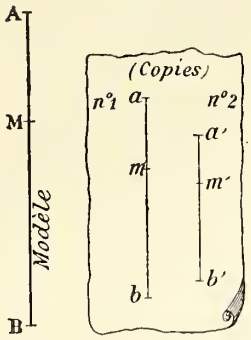
(*c*) *Reproduction des rapports.* — En dessin, il faut savoir évaluer les rapports comme nous venons de le faire, mais il faut surtout savoir les reproduire. Lorsqu'on sait arriver à cette reproduction sans passer, au préalable, par l'évaluation, on dit que l'on possède du *coup d'œil.* Il faut à tout prix acquérir ce coup d'œil, sans lequel on ne dessinera jamais que très lentement. On y arrivera par l'exercice suivant que l'on répétera souvent :

Sur une feuille de papier, ou mieux encore sur un tableau noir placé un peu loin des yeux (fig. 386), on dessinera une ligne droite AB (de préférence une verticale) ; et, sur cette

droite, on placera, au hasard, un point M; cette ligne ainsi divisée sera le *modèle*.

Ensuite, sur une feuille de papier à dessin, on tracera une ligne quelconque, *ab*, qui sera *la copie* de la ligne AB; peu importe la longueur que l'on donnera à la ligne *ab*. Après

Fig. 386



quoi, on regardera bien attentivement le modèle, en cherchant à graver dans sa mémoire l'aspect de la ligne AMB ainsi divisée, et on essaiera, au simple jugé, de placer sur la ligne *ab* un point *m* qui sera la *copie* du point M, c'est-à-dire qui divisera *ab* dans le *même rapport* que M divise AB.

Comme il est probable que l'on se sera trompé, alors on vérifiera en appréciant, avec le crayon tenu à bout de bras, le rapport de AM à MB sur le modèle et en s'assurant qu'il est le même sur la copie. On corrigera, au besoin.

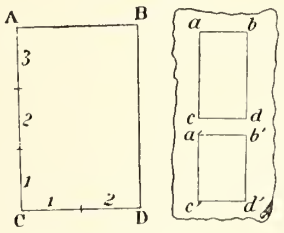
En résumé, pour acquérir le coup d'œil, il faut copier au jugé, sans prendre de mesure préalable, et ne mesurer qu'après coup, comme vérification.

277. Largeurs et hauteurs. — Proportions des rectangles.

Dans tout dessin, les horizontales et les verticales jouent un rôle prépondérant. Il en résulte qu'une figure, quelque irrégulière qu'elle soit, peut s'inscrire dans un rectangle fictif tel que celui de la figure 388.

Apprécier et reproduire les proportions d'un rectangle,

Fig. 387



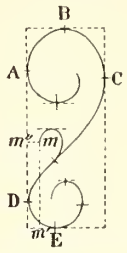
c'est apprécier et reproduire le rapport de sa largeur à sa hauteur. Ainsi, le modèle ABCD (fig. 387) est copié deux fois, une première fois en *abcd*, et une seconde fois en *a'b'c'd'*. Aucune des deux copies n'est exacte : la première, *abcd*, est trop *élancée*, la seconde est trop *écrasée*. Dans le premier cas, le rapport de la largeur à la hauteur est plus petit que sur le modèle ; dans le second, au contraire, il est plus grand. Sur le modèle, la véritable proportion était : 2 de largeur pour 3 de hauteur.

On s'exercera à copier des rectangles comme on a copié des lignes divisées. On les dessinera d'abord au jugé ; puis on vérifiera, avec le crayon, si le rapport de la largeur à la hauteur est le même sur la copie et sur le modèle, et on corrigera s'il est besoin.

278. Analyse et copie d'une ligne courbe.

Soit (fig. 388) une courbe ABCDE à copier. On l'entoure par un rectangle fictif dont les proportions sont aussi ce que l'on nomme les *proportions d'ensemble* de la courbe, et l'on copie ce rectangle comme il vient d'être dit. Après quoi, on met en place les points de tangence tels que A, B, C, D, E ; ce qui revient à reproduire les rapports dans lesquels ces points partagent les côtés du rectangle. Le plus ordinaire-

Fig. 388



ment, cela suffit pour esquisser la courbe. S'il y a des points intérieurs, tels que *m*, on les place par un *aplomb* et par un *niveau*. Prendre l'*aplomb* du point *m*, c'est mener par ce point une verticale idéale *mm'* et chercher le point *m'* par lequel elle passe (reproduction de rapport). Prendre le *niveau* de ce même point *m*, c'est mener par ce point une horizontale idéale *mm''* et chercher aussi par où elle passe.

Ces opérations doivent se faire très rapidement, et lorsque le coup d'œil est exercé, les *aplombs* et les *niveaux* se prennent immédiatement.

On fera bien de s'exercer à copier, par cette méthode, des courbes quelconques que l'on se donnera comme modèles.

279. Analyse et copie des lignes inclinées.

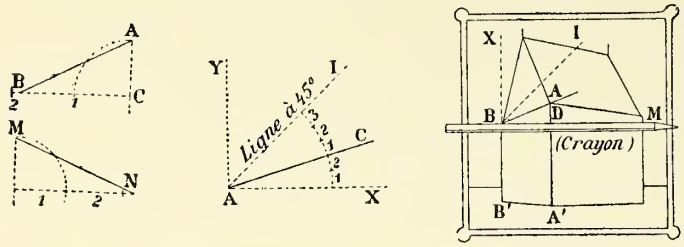
En dessin, nous disons qu'une ligne droite est *inclinée* lorsqu'elle n'est ni horizontale ni verticale. En perspective, presque toutes les droites, même les horizontales, paraissent inclinées, et une des principales difficultés est de savoir les copier avec l'inclinaison qu'elles *paraissent* avoir.

Comme pour les rapports il faut apprendre, d'abord, à évaluer l'inclinaison d'une ligne afin d'acquérir ainsi un moyen de vérification ; nous indiquerons pour cela deux méthodes.

(*a*) Première méthode : *Evaluation par la pente.* — Par une des extrémités A, de la ligne (fig. 389), on mène une verticale ; par l'autre extrémité, B, on mène une horizontale, BC ; et le rapport de la hauteur AC à la largeur CB est ce que l'on nomme *la pente* de la ligne AB. Dans le cas actuel, elle est inclinée à un de hauteur pour un peu moins de deux de largeur (pente 1/2). La ligne MN, située au-dessous, est inclinée à un de hauteur pour deux et un cinquième de base.

(*b*) Deuxième méthode : *Evaluation par l'angle.* — On peut encore évaluer l'angle que la droite fait soit avec la verticale, soit avec l'horizontale. En général, on prend le plus petit des deux. Si la ligne est presque horizontale (fig. 390), on la compare à l'horizontale AX et l'on apprécie quelle fraction d'angle droit ou, mieux encore, de demi-angle droit cet angle représente. Ici, l'angle CAX est environ les deux cinquièmes (2/5) du demi-angle droit XAI.

Fig. 389 Fig. 390 Fig 391

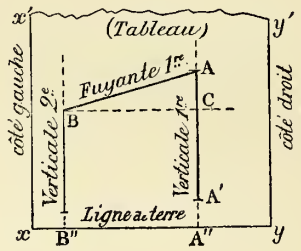


D'ailleurs, avec un peu d'habitude, on arrive facilement à garder le souvenir d'un angle. Lorsque l'on copie un paysage, en perspective, on a souvent à chercher l'inclinaison apparente d'une corniche telle que AB (fig. 391). Pour le faire, on place le crayon bien horizontal, dans la position BM, et on observe l'angle MBA, afin de le reproduire de mémoire sur son dessin. On vérifie ensuite la justesse de la ligne, soit en comparant l'angle DBA au demi-angle droit DBI, soit en prenant la pente, c'est-à-dire le rapport de la hauteur DA à la largeur DB ; soit encore, si la ligne AA' est bien juste comme dessin, en cherchant le rapport dans lequel le point D divise sa hauteur AA'.

280. Exercice préparatoire aux esquisses perspectives.

Les esquisses d'après nature nous conduiront toujours, comme début de mise en place, à copier un ensemble de lignes droites se présentant comme sur la figure 392. On aura un cadre $xx'yy'$, qui sera le *tableau*. La base xy se nommera la *ligne de terre*. Dans ce cadre apparaîtra une verticale AA', que nous nommerons la *verticale première*, puis en B une autre verticale, dite *verticale seconde*, et finalement une ligne inclinée AB, que nous nommerons une *fuyante première*. On copiera cet ensemble comme suit :

Fig. 392



1° On placera la verticale indéfinie AA'' (ce qui revient à copier le rapport dans lequel le point A'' partage la ligne de terre xy) ;

2° On déterminera le point A sur la verticale première, ce qui revient à apprécier et à reproduire le rapport de la hauteur AA'' à la largeur xy, ou à l'une des fractions de largeur xA'' ou A''y ;

3° On placera le point A' sur la verticale AA'' (appréciation de rapport sur la hauteur AA'') ;

4° On dessinera la verticale indéfinie BB'' (appréciation de rapport sur la largeur A''x) ;

5° On tracera enfin la fuyante AB, soit en appréciant sa pente, soit en évaluant l'angle ABC, soit en prenant en C le niveau du point B sur la verticale première et en plaçant le point C sur la verticale AA'.

D'ailleurs toutes ces méthodes sont bonnes à employer ensemble, car elles se vérifient les unes par les autres.

Nous engageons les élèves à se donner des ensembles analogues à celui de la figure 392 et à les copier chaque fois.

§ III. — Coordination. — Mise en place première

281. Objet de ce paragraphe.

On se propose, dans cette leçon, d'indiquer la méthode à suivre, lorsqu'on dessine d'après nature, pour analyser perspectivement le sujet qu'on a devant les yeux, pour dégager les grandes lignes et en éliminer les détails, pour bien esquisser les ensembles, et, enfin, pour achever le dessin sans commettre de fautes de perspective.

282. Choix du motif.

(*a*) *Encadrement.* — On doit, tout d'abord, entourer dans un cadre fictif le motif que l'on veut copier, et choisir ce cadre de telle sorte que le sujet s'y présente d'une manière avantageuse.

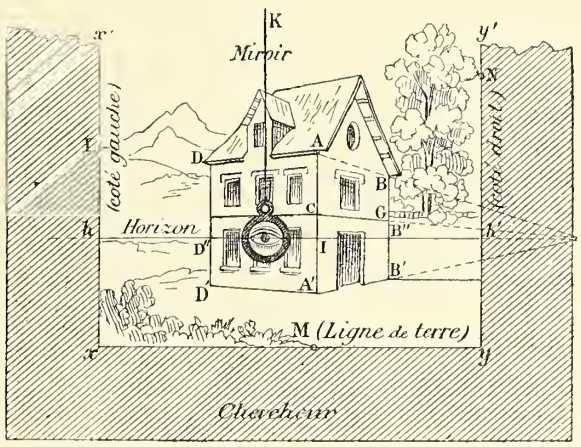
Lorsqu'on est en présence d'un modèle graphié, comme sont les planches de cet ouvrage, l'encadrement est tout indi-

qué. D'après nature, beaucoup de peintres se servent de ce qu'on nomme un *miroir noir*, que l'on présente devant le paysage que l'on veut copier et à l'aide duquel, grâce à l'image qui s'y reflète, on cherche le meilleur point de vue à prendre. Mais on peut remplacer le miroir noir, coûteux et encombrant, par ce que nous nommerons un *chercheur*.

(*b*) *Le chercheur.* — Ce chercheur (fig. 393) s'obtient en découpant dans une feuille de carton ou de papier un peu fort, un cadre de 8 ou 10 centimètres d'ouverture, analogue à celui de la figure ci-contre. Ce cadre n'a pas besoin d'être limité en haut; il vaut même mieux qu'il ne le soit pas, afin de ne pas imposer au rectangle qui le composerait une proportion qui soit toujours la même.

On tient ce cadre bien vertical, comme était la vitre de **Léonard de Vinci**, et on le présente devant le motif à copier (fig. 393). Puis, en l'avançant ou en le reculant de l'œil, en l'élevant ou en l'abaissant, on *cherche* le moment où la pré-

Fig. 393



sentation du motif, dans son intérieur, est la plus satisfaisante.

(*c*) *Les repères.* — Une fois ce tâtonnement terminé, on regarde attentivement les points les plus voyants du paysage par lesquels passent, d'une part, la base du cadre, *xy*, ou *ligne de terre*, et, d'autre part, les *côtés xx'* et *yy'*. Ces points se nomment des *repères*. Un seul suffit pour chacune de ces lignes. La ligne de terre rencontre les *premiers plans* du paysage. Pour elle le repère sera donc soit une touffe d'herbe M, soit une pierre, soit, en un mot, quelque chose de facile à retrouver à un moment quelconque ; pour les côtés, ce sera soit un angle de maison, soit l'extrémité bien marquante N d'une branche d'arbre, soit un creux de montagne L.

A ce moment le motif est *encadré* et *repéré*. Il faut en esquisser le dessin (même fig. 393).

283. Esquisse des repères.

(*a*) *Le cadre.* — A cet effet, on commencera par tracer à la partie inférieure de la feuille de papier une horizontale limitée, qui sera la copie de la ligne de terre du motif, et on y reportera immédiatement le repère choisi M ; cela reviendra donc à une reproduction de rapport.

La longueur de cette ligne de terre copiée est arbitraire ; elle dépend de la grandeur de la feuille dont on dispose et de la marge que l'on veut laisser autour du dessin ; mais une fois qu'elle a été arrêtée, on peut dire que les dimensions et les emplacements de tous les détails du dessin sont, de ce fait, virtuellement déterminés. La feuille de dessin est pour ainsi dire placée sur la vitre de **Léonard de Vinci** à la distance de l'œil qui convient pour que la ligne de terre, que nous y avons dessinée, et par suite pour que le paysage qui va en être la conséquence, se superposent en apparence à la ligne de terre naturelle et au motif que le chercheur nous avait fait entrevoir.

Par les extrémités de la ligne de terre copiée, on tracera des verticales qui seront les côtés du tableau, et il sera bon d'y marquer les repères N et L que l'on avait choisis avec le chercheur. Cela reviendra toujours à reproduire sur le dessin un rapport observé d'abord dans l'espace.

(*b*) *Verticale première.* — A ce moment nous placerons la *verticale première* du motif. Nous nommons ainsi celle qui frappe nos yeux en premier lieu. Il n'y a pas de règle fixe pour la choisir, et deux dessinateurs différents, placés devant le même paysage, ne prendront sans doute pas la même ligne pour verticale première. En général ce sera celle qui est placée le plus près de nous ou qui nous apparaît sous la plus grande dimension. Plus elle sera voisine de la verticale principale qui est l'axe du tableau, mieux cela vaudra. Bien souvent cette verticale première sera l'arête d'angle AA' d'un édifice, et de préférence une arête séparant des faces qui fuient l'une à droite et l'autre à gauche et qui sont généralement l'une dans l'ombre et l'autre dans la lumière.

Après l'avoir observée soit en l'encadrant dans le chercheur, soit, tout simplement, en la rapportant aux repères choisis, on la placera sur le dessin en suivant exactement la marche que nous avons indiquée au n° 280.

La mise en place de cette verticale première, limitée à sa base A' et à son sommet A, est toujours assez difficile ; on ne saurait y apporter trop de soin. Mais une fois dessinée, cette verticale va nous servir, du moins pour l'esquisse des masses, d'*unité de mesure* à laquelle nous rapporterons toutes les autres lignes ; nous la nommerons l'*unité de début*.

284. Recherche de l'horizon naturel.

Il convient maintenant de chercher l'horizon et de le placer sur le dessin. Indiquons d'abord comment, expérimentalement, on cherche l'horizon d'un paysage que l'on a devant soi.

(*b*) Première manière : *avec la main.* — On place la main étendue devant les yeux, la paume tenue horizontale. Le coude est relevé de telle sorte que l'avant-bras soit, lui aussi, horizontal. Puis, par une sorte de mouvement de fauchage, on écarte l'avant-bras et la main, sans monter ni descendre. La main réalise ainsi, matériellement, le plan d'horizon et elle trace, pour ainsi dire, sur le paysage une ligne d'horizon fictive.

On observe attentivement, pour ne plus les oublier et pour s'y repérer sans cesse, les points les plus marquants par lesquels passe cet horizon, et en particulier le point I où il coupe la verticale première. On reporte ce point I sur la verticale première du dessin (reproduction de rapport) et on y fait passer la ligne d'horizon du dessin.

(*c*) Deuxième manière : *avec un petit miroir vertical* (fig.393). — On a un petit miroir, de 3 ou 4 centimètres de largeur, ou simplement un morceau de verre, noirci sur une face. Ce miroir est suspendu à un fil K, mais de manière à ce qu'il pende bien verticalement ; *cette condition est indispensable.*

On tient le fil de suspension, à bout de bras, et on déplace le miroir jusqu'à ce que l'on puisse y voir la propre image de son œil.

Dans cette position, l'horizontale *hh'* qui passe par le centre de l'image de l'œil donne, très exactement, la ligne d'horizon.

Sur une photographie ou sur un modèle graphié (même fig. 393), il est facile de retrouver l'horizon. On se sert pour cela des horizontales fuyantes qui s'y présentent presque toujours. Telles sont les corniches des différents étages d'une maison. Il suffit de prolonger deux de ces lignes que l'on sait être, dans l'espace, des horizontales parallèles entre elles, telles que AB et CG, pour obtenir en *f*, à leur rencontre, leur point de fuite, lequel appartient forcément à l'horizon. En menant par ce point *f* une perpendiculaire sur les verticales, on aura la ligne d'horizon.

(*d*) *Nota.* — Il ne faut pas se servir, pour cette opération, de la ligne A'B' par laquelle la maison repose sur le sol, parce qu'il pourrait se faire que ce sol ne fût pas horizontal.

Il est évident que ce procédé peut aussi être employé d'après nature ; seulement, c'est au coup d'œil que ces prolongements devront alors être menés.

285. Mise en place de l'horizon-tableau.

Une fois l'horizon *reconnu* sur la nature, on cherche le point I, où il coupe la verticale première déjà mise en place ; par une reproduction de rapport, on reporte ce point I sur le dessin, et on y trace l'horizon.

Une fois la ligne d'horizon mise en place, elle devient par excellence la ligne de repère des hauteurs ; nous aurons des hauteurs *aériennes* pour les points situés au-dessus de l'horizon ; des hauteurs *terrestres* pour ceux qui sont au-dessous. Toutes les lignes horizontales y convergent et y ont leurs points de fuite. En un mot, c'est la ligne capitale du dessin ; on ne doit jamais dessiner ni un paysage, ni un ornement, ni un objet, ni même une figure, qu'après avoir recherché au préalable et après avoir tracé la ligne d'horizon sur son dessin ; on doit toujours y penser et toujours s'y rapporter.

286. Fin de la mise en place première.

(*a*) *Verticales secondes.* — On choisit alors, sur la nature, ce que nous nommerons les *verticales secondes.* Ce sont celles qui nous paraissent les plus importantes avec la verticale première (voir sur la fig. 393 les verticales BB', DD', ...), et, les considérant pour l'instant comme illimitées en hauteur, on les met en place, ce qui revient à observer et à reproduire les rapports des largeurs IB", ID", etc.

Nous avons indiqué, au n° 280, deux méthodes pour mettre en place les extrémités des verticales secondes. Dans la première, on prend les niveaux de ces extrémités sur la verticale première déjà dessinée. Dans la seconde, on observe et on reproduit les inclinaisons des fuyantes AD et AB.

(*b*) *Fuyantes dominantes.* — En général, il existe toujours dans un motif d'architecture des horizontales fuyantes plus nombreuses dans une ou deux directions que dans toute autre. Nous nommerons ces fuyantes les *dominantes de gauche* ou les *dominantes de droite* du dessin, suivant que leur point de fuite sera situé à gauche ou à droite du milieu de la ligne d'horizon.

Nous venons de placer deux de ces dominantes : l'une AD sera la *dominante première* de gauche, et l'autre AB sera la *dominante première* de droite.

A ce moment nous pouvons considérer comme terminée la *mise en place première* ; mais l'esquisse n'est pas achevée.

Ainsi il nous reste à placer les autres fuyantes telles que CG, A'B', etc., les portes et les fenêtres, le toit, la masse d'arbres ; cela n'est plus rien une fois que nous sommes certains de la justesse de nos lignes de *mise en place première* ; nous indiquerons plus loin comment on devra s'y prendre.

287. Résumé.

En résumé, la *mise en place première* comporte les opérations suivantes :

1° Encadrement du motif, et choix de trois repères : un sur la ligne de terre et un sur chacun des deux côtés du tableau ;

2° Mise en place de la verticale première (d'abord en largeur et ensuite en hauteur) ;

3° Recherche et mise en place de l'horizon ;

4° Mise en place des verticales secondes (en largeur d'abord, en hauteur ensuite) ;

5° Mise en place des dominantes-fuyantes de gauche et des dominantes-fuyantes de droite.

Nota. — Comme dominantes premières, on choisira toujours celles qui sont à la plus grande distance de l'horizon; leur inclinaison apparente est plus accentuée et elles sont, par cela même, plus faciles à mettre en place que d'autres qui seraient moins inclinées.

§ IV. — Connaissance

A. — Perspective linéaire usuelle

288. Avertissement.

Nous nous proposons, dans ce paragraphe, de résumer les quelques notions de perspective linéaire que doit posséder celui qui dessine d'après nature. Elles se réduisent, en somme, à très peu de choses et malgré que le lecteur qui aura étudié notre traité connaisse tout ce que nous allons dire, nous croyons utile de nous répéter ici, ne serait-ce que pour faire évanouir l'épouvantail que trop de personnes se font, ou font aux autres, de la perspective usuelle. Cela pourra servir également aux professeurs de dessin d'imitation, pour les conseils sur la perspective d'observation qu'ils ont à donner à leurs Elèves.

289. Lignes fuyantes.

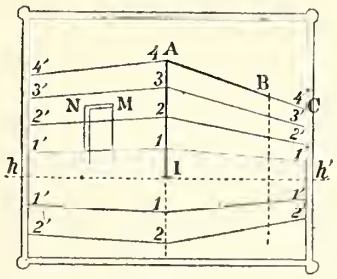
(*a*) *Points de fuite accessibles.* — Nous avons vu, dans le précédent paragraphe, qu'une fois les *dominantes premières* placées, il pouvait y avoir à tracer un grand nombre d'autres lignes parallèles, c'est-à-dire fuyant aux mêmes points de fuite.

Le motif de la figure 409 : « *l'Eure à Coulombs* » montre en F, sur la ligne d'horizon, le point de fuite des dominantes de gauche ; il est ce que l'on nomme *accessible*, c'est-à-dire contenu dans les limites du cadre. Il sera donc facile avec une réglette en papier, que l'on fera pivoter autour de ce point de fuite, de tracer toutes les dominantes de gauche, telles que EF, *b*F, *m'n'*F, etc. (Suivre sur l'esquisse, fig. 409).

Quant aux dominantes de droite, dont la première tracée était AB', elles ont leur point de fuite *inaccessible* : — Pour les tracer facilement, il est bon d'user de la construction que nous allons rappeler.

(*b*) *Points de fuite inaccessibles. Réseaux perspectifs*

Fig. 394



(fig. 394). — Soit *hh'* la ligne d'horizon, et AB une dominante première, à point de fuite inaccessible, et à laquelle on veut mener un grand nombre de parallèles perspectives. On tracera, comme suit, un réseau perspectif :

1° On prolonge AB jusqu'en C sur le côté du cadre ;

2° On divise la verticale AI en un certain nombre de parties égales. Le nombre quatre est préférable ; il donne une division facile à réaliser, soit au coup d'œil, soit en pliant une petite bande de papier. Soient 1, 2, 3, 4 ces points de division ;

3° On divise également, sur le cadre, la hauteur C*h'* en un même nombre de parties égales, aux points 1', 2', 3', 4' ;

4° On joint par des lignes droites, tracées très légèrement, les points 1 et 1', 2 et 2', 3 et 3'... ; le réseau se trouve ainsi constitué dans *sa partie aérienne.*

En prolongeant, si besoin est, les mêmes divisions au-dessous de l'horizon, on constituera un réseau dans la *partie terrestre.*

Cela fait : si une autre dominante, telle que l'arête d'un toit, le dessus MN d'une porte..., est à tracer par un point quelconque M, on la fera passer, à vue d'œil, entre les deux lignes du réseau qui l'avoisinent, de manière à ce qu'elle partage, partout, l'écartement de ces deux lignes dans un rapport constant ; cela est facile quand le coup d'œil est formé.

On peut être amené, comme aux planches des figures 406, 409 et 411, à tracer deux réseaux, l'un à gauche, l'autre à droite. Nous ne saurons trop engager les élèves à le faire. Cela demande à peine deux minutes et permet de dessiner *perspectivement* tous les détails entre les lignes des deux réseaux.

Il est bien évident que ces réseaux doivent être tracés assez légèrement sur l'esquisse pour pouvoir être effacés dans le rendu définitif. Les peintres décorateurs de théâtre font un grand usage de ces réseaux ; nous avons dit qu'ils les nomment : *régulateurs.*

298. Division perspective des lignes.

(*a*) *Problème.* — Diviser, *perspectivement*, une ligne horizontale fuyante AB en parties égales.

Soit par exemple à placer, sur le bord d'une route, cinq arbres à égale distance les uns des autres, connaissant le premier, A, et le dernier, B (fig. 395).

(*b*) *Solution.* — 1° Par le point A, mener une ligne de front AB' ; et la partager en quatre parties égales aux points *d'*, *c'*, *e'*. Comme elle est de front, elle se perspective semblable à elle-même ; les rapports ne sont pas changés.

2° Joindre le point B' au point B, et prolonger jusqu'à

l'*infini*, c'est-à-dire jusqu'à l'horizon, ce qui donne en *f* le point de fuite de la ligne BB'.

3° Joindre *f* aux points *d'*, *c'*, *e'*. Dans l'espace ces lignes sont parallèles, et par conséquent sont dans la situation des

Fig. 395

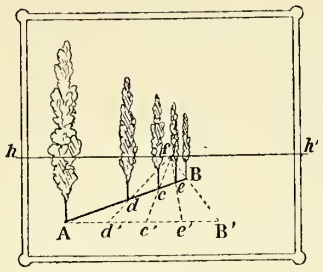
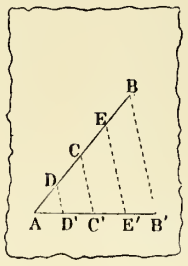


Fig. 396



lignes D'D, C'C, E'E, que montre en vraie position la fig. 396; elles recoupent donc en parties égales les deux lignes AB et AB' de cette figure (fig. 396).

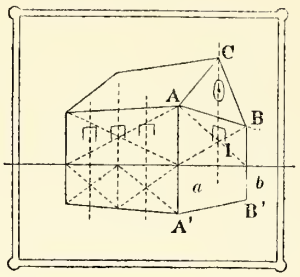
4° Les points *d*, *c*, *e*, où ces fuyantes recoupent la ligne donnée AB, sont les points de division cherchés.

291. Division en deux, quatre, huit parties égales.

On pourrait employer la méthode précédente, mais le tracé que nous allons indiquer est plus expéditif.

Soit à diviser en deux parties égales l'intervalle qui sépare deux verticales AA' et BB' (fig. 397). Supposons, par exemple,

Fig. 397



que nous voulions trouver l'axe d'un *pignon*, soit afin d'y placer une fenêtre, soit pour vérifier la position du sommet C d'un fronton.

Dans l'espace, la figure AB*ab* est un rectangle : par conséquent menons les deux diagonales A*b*, B*a* ; elles se recoupent au centre I du rectangle ; c'est par ce centre que nous ferons passer l'axe cherché IC.

Sur l'autre face de la maison, nous avons voulu placer trois fenêtres équidistantes : il a donc fallu diviser cette face en quatre parties égales ; nous l'avons fait en appliquant deux fois de suite la construction ci-dessus.

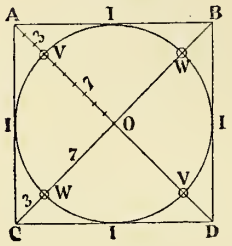
On verra cette construction réalisée dans l'esquisse de la figure 410 (v. plus loin).

292. Le cercle et le carré.

Le dessinateur fera toujours bien de considérer le cercle comme inscrit dans un carré : or supposons que, sans compas, on veuille tracer, à la main, un cercle dans un carré (fig. 398).

1° On prendrait en I, I,... les milieux des côtés ; le cercle passerait par ces quatre *points milieux* et il y serait tangent aux côtés ;

Fig. 398



2° On chercherait en V, V et W, W les points dits de *diagonales*. Or il est facile de reconnaître, en faisant au compas le tracé avec précision, que ces points partagent les demi-diagonales, OA, OB *très sensiblement* aux 3/10 de leur longueur ; or 3/10 c'est 1/3, moins le dixième de 1/3. Il est donc très facile avec un peu de coup d'œil de placer ces points de diagonales et, par suite, de tracer à la main une courbe se rapprochant très suffisamment du cercle.

Nous dirons alors que nous déterminons le cercle par la *méthode des huit points*, savoir : les quatre points milieux et les quatre points de diagonales.

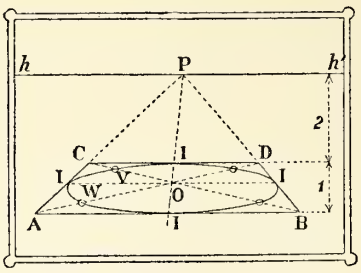
Toutes ces propriétés se conservent en perspective, ce qui permet de vérifier très simplement la mise en place perspective d'un cercle, ainsi que nous allons le montrer.

293. Aspects perspectifs du carré et du cercle.

Nous allons montrer comment il convient d'observer et de copier un carré suivant les positions qu'il peut occuper.

(*a*) *Carré horizontal à base de front* (fig. 399). — 1° On observe la base AB et on la met en place par l'observation ;

Fig. 399



2° Cela fait : les deux côtés AC et BD fuient en P au point principal, lequel est, en général, au milieu de l'horizon ; 3° On met en place par l'observation la seconde base CD ; on reproduit pour cela le rapport (ici 1/2) dans lequel elle divise l'intervalle compris entre AB et l'horizon.

Pour inscrire ensuite le cercle, on mène les diagonales,

ce qui détermine le centre O, et permet de trouver les quatre points milieux.

Les points de diagonale se placent ensuite, au jugé, en prenant les trois dixièmes, *perspectifs*, des demi-diagonales.

Comme ici les diagonales ne sont pas de front, les trois dixièmes *vrais* ne sont pas les trois dixièmes *perspectifs* ; il faudrait donc faire la construction assez compliquée indiquée au n° 291. On opère autrement et au jugé. — On prend les 3/10 vrais, puis on recule un peu le point obtenu en avantageant le segment qui est le plus près de l'œil.

(*b*) *Carré horizontal à base fuyante* (fig. 400). — 1° On observe les trois verticales A*a'*, B*b'*, C*c'*, des sommets A, B et C situés en avant, et on les reproduit ; 2° On met en place, par l'observation, le sommet le plus près A ; — 3° Toujours par l'observation directe, on place les sommets B et C, ou bien encore les fuyantes AB et AC.

A ce moment, le rôle de l'observation est terminé et l'on peut achever théoriquement le carré, comme suit :

4° Mener la fuyante de droite BD (voir fig. 394, réseaux perspectifs) ;

5° Mener la fuyante de gauche CD. Ces deux lignes se recoupent au quatrième sommet D.

On y inscrira le cercle comme tout à l'heure.

Fig. 400.

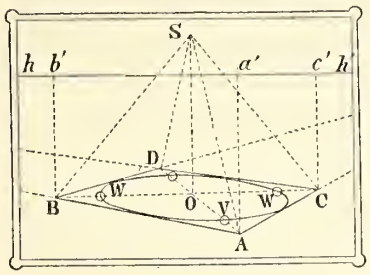
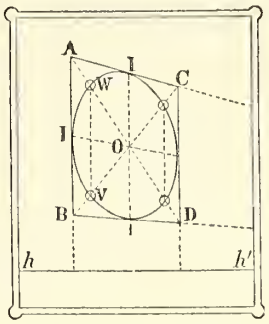


Fig. 401.



Si l'on a un toit couronnant un pavillon carré, on aura soin de placer le sommet S du toit à plomb du point de croisement des diagonales du carré de base.

Même observation pour un toit conique.

(*c*) *Carré vertical.* — Tel serait, par exemple, une fenêtre carrée percée dans un mur (fig. 401).

On le dessine comme suit :

1° On observe le côté vertical AB le plus rapproché, et on le reproduit ; 2° on observe la seconde verticale CD, et on la met en largeur comme si elle était indéfinie ; 3° on place le sommet supérieur C, soit par une mise en hauteur directe, soit en reproduisant l'inclinaison de la fuyante AC.

A ce moment, une fuyante DB, menée par le sommet inférieur achève, en D, le carré sans qu'on ait recours à l'observation.

On y inscrira le cercle, comme à l'ordinaire, par la méthode des huit points.

294. Perspective directe du cercle.

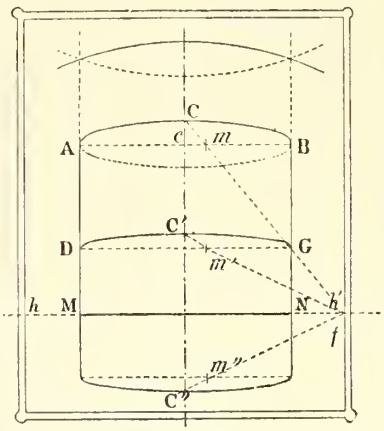
Il faut savoir observer et reproduire exactement un cercle en perspective, sans passer par le carré circonscrit.

Soit, par exemple, la base supérieure AB d'une tour ronde (fig. 402).

Nous supposons, bien entendu, l'horizon mis en place, comme il a été dit plus haut (n° 284). Soit *hh'* cet horizon.

On a, tout de suite, par l'observation, en A et B, sur le

Fig. 402



contour apparent de la tour, les points de gauche et de droite. On ne verra apparaître, en ACB, que la moitié de l'ellipse perspective du cercle ; l'autre moitié sera cachée.

La véritable méthode, pour copier juste, consiste à apprécier ce que nous nommerons le *développement perspectif* du cercle. Nous nommons ainsi la hauteur verticale apparente C*c*.

Pour cela faire, on prend le crayon, tenu à bout de bras ; on le met en coïncidence apparente avec AB, et on reproduit, après l'avoir observé, le rapport de C*c* à AB. Cela suffit ensuite pour achever le tracé.

Nota. — Avoir soin de tracer l'ellipse bien tangente en A et B au contour apparent de la tour, et ne pas la terminer en pointe aux extrémités comme il est indiqué au-dessus, ce qui est une faute grossière.

295. Perspective de cercles superposés.

On pourrait avoir à dessiner d'autres cercles horizontaux tels que DG appartenant à la même tour. Leurs *développements perspectifs* vont en diminuant au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'horizon. Le cercle situé à la hauteur de l'œil apparaîtrait suivant une droite MN, confondue avec l'horizon.

Pour un autre cercle quelconque, de niveau DG, on peut faire la construction très simple que voici :

1° Prendre en *m*, sur le rayon *c*B du premier cercle, une fraction quelconque (un quart par exemple) de ce rayon de front *c*B;

2° Joindre C*m* et prolonger jusqu'à l'infini, c'est-à-dire jusqu'en *f* sur l'horizon, ce qui donne un point de fuite;

3° Prendre aussi en *m'*, *m''*,... la même fraction (ici le quart) des autres rayons de front;

4° Joindre *fm'*, *fm''*, ..., ce qui donnera en C', C'', ... les *développements perspectifs* des autres cercles.

Nous laissons aux lecteurs le soin de justifier théoriquement ce tracé et nous terminerons ici ce que nous avions à dire sur la perspective. Ces notions suffisent, largement, pour dessiner d'après nature sans faire de fautes graves.

B. — Ombres

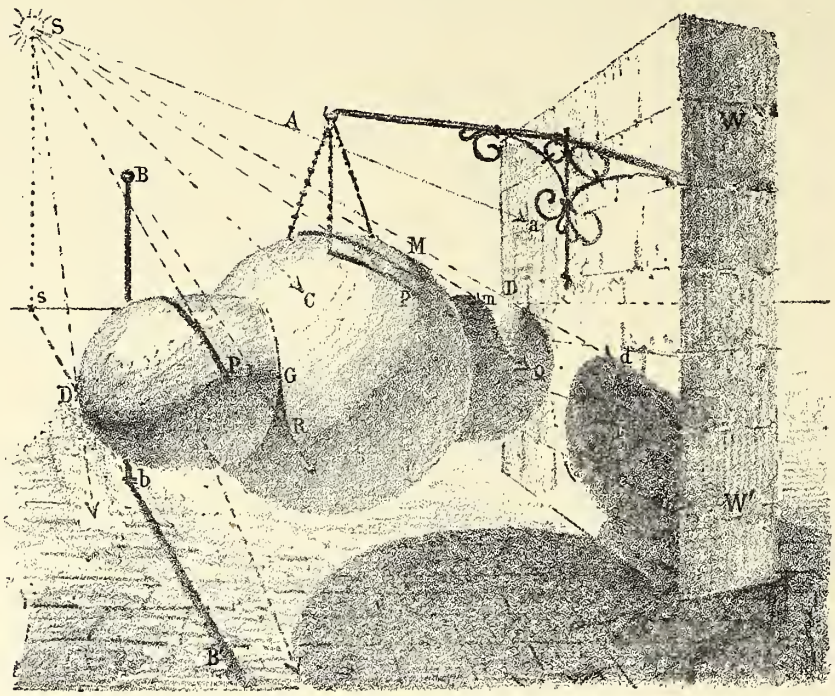
Effets de lumière (fig. 403)

296. Lumière au flambeau et lumière au soleil.

Nos yeux ne perçoivent la forme des objets que grâce à la lumière qui les frappe, les éclaire et nous est renvoyée après avoir été modifiée à leur surface soit comme intensité, soit comme coloration. La *forme* est le résultat, constaté par nos yeux, de cette sorte de lutte entre la matière et la lumière.

La lumière est dite *au flambeau*, lorsqu'elle vient d'une source située à une distance finie, comme serait une bougie

Fig. 403



ou une lampe. Dans ce cas les rayons lumineux sont *divergents*.

Elle est dite *au soleil*, lorsqu'elle nous vient d'un astre situé à une distance tellement grande que les rayons lumineux qui en émanent peuvent être considérés comme *parallèles*. Les paysages sont presque toujours éclairés par le soleil. Les vues de nuit pourraient l'être par la lune.

297. Les ombres.

(*a*) *Classement des rayons.*— Prenons un objet quelconque, une sphère par exemple (fig. 403) suspendue devant un mur et soumise aux rayons solaires. Le soleil est en S sur le tableau. Nous allons classer ses rayons. Les uns, comme le rayon SA*a*, ne touchent pas la sphère, ils viennent éclairer le sol ou le mur ; par rapport à la sphère ce sont les rayons *latéraux*.

Les autres, tels que SC, atteignent la sphère ; par rapport à elle ce sont des rayons *éclairants*. Enfin, et ce sont les plus importants, il y a des rayons *tangents* tels que SM*m*, qui ne font que toucher la sphère ; ils servent pour ainsi dire de transition entre les rayons éclairants et les rayons latéraux.

(*b*) *Ombre propre.* — La ligne M, P, R... suivant laquelle les rayons tangents touchent la sphère, se nomme la *séparatrice* d'ombre. Elle sépare la sphère en deux zones : l'une, la zone éclairée; et l'autre, la zone dite d'*ombre propre*.

(*c*) *Ombre portée.* — Enfin, les rayons tangents, prolongés, déterminent sur le mur, sur le sol ou sur tout autre corps l'*ombre portée* par la sphère sur cet autre corps.

298. Les trois principes d'ombres.

Les lignes d'ombres propres et d'ombres portées obéis-

sent à trois grands principes, que la figure 403 met en évidence, et que nous allons énoncer sans les démontrer. Le lecteur devra s'efforcer d'en bien comprendre le sens ; il fera bien, soit à la lumière du soleil, soit à celle d'une bougie, d'en vérifier l'exactitude sur des objets quelconques.

La figure 403 représente une boule accompagnée de deux poignées cylindriques arrondies aux extrémités. C'est une figure toute théorique.

Le tout est soutenu par des fils. En avant, du côté du soleil, se trouve une tige verticale B*b*.

(*a*) *Principe des contours. — Le contour apparent d'une surface, sa séparatrice, et son ombre portée sur toute autre surface, ont les mêmes tangentes lumineuses* (1).

Application. — Sur la figure 403 le rayon lumineux SM*m* part du flambeau. Il est tangent, en M, au contour apparent de la sphère ainsi qu'à la séparatrice. Prolongé, il est aussi tangent en *m* à l'ombre portée par la sphère sur le cylindre.

Le rayon lumineux SD*d*, tangent à l'extrémité arrondie de la poignée, est dans le même cas.

(*b*) *Principe des points de perte.* — On nomme point de perte tout point tel que P, R, sur la sphère, Q sur le cylindre ; c'est le point où une ombre portée vient se *perdre* dans une ombre propre. Voici l'énoncé du deuxième principe :

En tout point de perte l'ombre portée a pour tangente le rayon lumineux.

Ces deux principes sont observés sur la figure 403. Jamais ils ne sont en défaut ; ils sont très précieux à connaître ; ils contribuent beaucoup à faire saisir la direction de l'éclairage. Ainsi sur la figure 403, nous pourrions cacher le soleil avec la main, que nous retrouverions facilement sa position en prolongeant, jusqu'à leur rencontre, les différentes tangentes à tous les points de perte.

(*c*) *Principe des points de départ. — Lorsque deux corps se coupent, l'ombre portée par le premier sur le second a pour* DÉPART *le point où la séparatrice du premier rencontre l'intersection, et elle y est tangente à l'intersection.* On en voit l'application au point G de la figure 403.

Ces trois principes, ou *théorèmes*, ne sont jamais en défaut. On voit qu'ils servent à trouver, pour les lignes d'ombres, ce que les dessinateurs appellent *leurs mouvements*, ce que les géomètres nomment les *tangentes*. On en fera l'application fréquente dans le dessin de paysage, mais plus souvent encore dans les dessins de figure et d'ornement. Le croquis de la figure 403 est fait de fantaisie ; néanmoins il a, comme rendu, un certain accent de vérité qu'il doit beaucoup à ce que ces trois théorèmes y ont été observés.

(1) Nous nommerons, pour abréger, *tangente lumineuse*, toute tangente qui est, *ou semble être*, un rayon lumineux.

C. — Perspective aérienne

299. La lumière directe et les reflets.

(*a*) *Différentes sources de reflets.* — Si la lumière directe (le soleil) existait seule, une boule nous paraîtrait comme apparaît la lune à son premier quartier. Une partie de sa surface, celle qui est éclairée, semblerait toute blanche et complètement plate ; l'autre moitié, celle dans l'ombre, étant complètement sombre, ne serait pas vue du tout, exactement comme si elle n'existait pas.

Heureusement, pour les effets de plastique, il existe des lumières indirectes qui prennent le nom de *reflets* et qui donnent ce que l'on nomme des *demi-teintes*, c'est-à-dire des nuances dans les lumières et dans les ombres. On distingue plusieurs espèces de reflets ; ce sont :

1° *Les reflets aériens* (ou atmosphériques). — Ils sont dus à ce que l'air renferme une quantité innombrable de petites particules qui, éclairées par le soleil, deviennent à leur tour comme autant de petites sources de lumière. Si elles n'existaient pas, le ciel nous paraîtrait tout noir, tandis que nous constatons qu'il est bleu et très lumineux par lui-même.

2° *Les reflets terrestres.* — Ils sont dus à la lumière reçue par le sol et diffusée par lui dans tous les sens.

3° *Les reflets d'objets.* — Ils sont dus à la lumière reçue par les objets voisins et diffusée ou réfléchie par eux. Ces derniers reflets échappent à toute analyse précise. On doit les observer sur la nature et les rendre comme on les voit.

Au contraire, il est possible de donner quelques indications au sujet des autres. Voici les plus utiles à fournir :

(*b*) *Conséquences.* — 1° Les *reflets aériens* venant du ciel, plus on cachera, devant un objet, une grande étendue de ciel, moins l'ombre qui en résultera sera reflétée et, par suite, plus elle sera noire.

1re Conclusion. — L'ombre portée par un corps sur un autre est d'autant plus noire que les deux corps sont plus près l'un de l'autre.

2e Conclusion. — Quand un corps en rencontre un autre, l'ombre qu'il y porte est plus noire près du point de rencontre que loin de ce point. Cet effet s'observe toujours dans les ombres portées par les cheminées sur les toits. Surtout si le soleil n'est pas très vif, l'ombre s'estompe rapidement et arrive même à disparaître à une faible distance. On le voit observé sur la figure 403 pour l'ombre portée de *b* en B′, par la tige B. Il l'est aussi de G en R, de *m* en Q, etc.

2° Les *reflets terrestres* sont dus à l'éclairage plus ou moins intense du sol. Ce sol forme comme une grande nappe blanche qui envoie de la lumière dans tous les sens. Plus cette nappe éclairante sera vaste et baignée de lumière, plus elle donnera de reflets ; plus les objets seront près du sol, plus ils en recevront de lumière.

3e Conclusion. — En général, les ombres propres sont plus claires que les ombres portées. — On peut observer cet effet

sur la sphère (fig. 403) : l'ombre propre X est plus reflétée que l'ombre portée GR ; sur le mur, l'ombre propre WW' est moins noire que l'ombre portée, qui est à côté et que celle qui est sur le sol.

4° Conclusion. — Les ombres (ombres propres ou ombres portées) sont plus claires en bas des objets qu'en haut, parce qu'en bas elles sont plus près du sol.

Cet effet est observé sur le mur : l'ombre est plus claire en W' qu'en W (fig. 403).

(*c*) *Nota.* — Il ne faudrait pas prendre, cependant, ces conséquences trop au pied de la lettre : tant de causes font varier les reflets, qu'il faut toujours les copier d'après nature, sans parti pris de rendu. Nous avons observé ces lois des reflets sur la figure 403 et nous avons obtenu un effet de modelé satisfaisant.

300. Effets de distance.

(*a*) *Influence de l'air.* — L'air n'est jamais pur. Il forme comme un brouillard plus ou moins épais, qui s'interpose entre notre œil et les objets et qui en modifie l'aspect, conformément au principe suivant, connu sous le nom de *Principe des distances.*

(*b*) *Principe des distances.* — *L'éloignement atténue ce qui caractérise la forme; il a pour tendance de tout noyer dans les lointains.*

On nomme *lointains*, tout ce qui se trouve à la limite extrême du paysage. En général, les lointains sont formés par des montagnes. Tout y est effacé : on n'y voit presque plus de différence entre les lumières et les ombres. En dessin, les lointains se rendent par une teinte grise, légère, très peu nuancée, et un peu moins claire que le ciel à l'horizon.

Le ton des lointains une fois reconnu et posé sur le dessin, tous les objets, en s'éloignant, doivent tendre comme couleur et comme valeur vers ce ton des lointains. Ainsi :

1° Les lumières, très vives en *premier plan*, deviennent moins vives en *second plan*, moins vives encore et déjà un peu grises en *troisième plan*, et ainsi de suite ; dans le lointain on ne les discerne presque plus.

2° Les ombres, bien accentuées ordinairement en premier plan, deviennent moins noires en second plan, moins noires encore et presque grises en troisième plan, etc.

3° Tout, même le dessin, doit être atténué par l'éloignement ; ainsi, tandis que l'on chargera de détails le dessin d'un objet placé en premier plan, ce même objet sera dessiné de plus en plus sobrement et réduit de plus en plus à ses silhouettes au fur et à mesure qu'il s'éloignera.

D. — Perspective physiologique

301. Contraste et irradiation.

(*a*) *Principes.* — Les effets que nous allons étudier sont physiologiques : ils n'existent pas en réalité dans la nature ; ils nous sont personnels, car ils sont, soit le résultat de la constitution de notre œil, soit celui d'une fatigue des nerfs de la rétine. On distingue les effets de *contraste* et les effets d'*irradiation.* Nous résumerons chacun d'eux en une phrase :

Principe du contraste : Les opposés s'exaltent mutuellement, en sens inverse l'un de l'autre.

Principe de l'irradiation : Le blanc empiète sur le noir en s'y estompant.

(*b*) *Première expérience* (prouvant le contraste). — On découpe un petit rond dans du papier gris, et on le place une première fois sur une grande feuille blanche très éclairée, et une seconde fois sur une feuille noire. Dans le premier cas le rond gris paraît presque noir ; dans le second cas il paraît presque blanc. Le fond a exalté dans le sens opposé au sien, le gris moyen du rond.

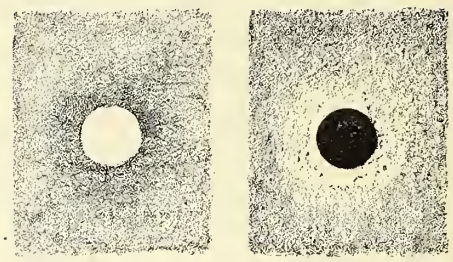
(*c*) *Conséquences.* — 1° Les ombres portées sur un corps paraissent d'autant plus noires qu'elles avoisinent une zône plus éclairée de ce corps ;

2° Les vides des fenêtres paraissent en général très noirs ; ce qui tient, en partie, à ce qu'ils se détachent sur des murs très blancs.

(*d*) *Deuxième expérience.* — 1° On place un rond *blanc* (fig. 404) sur un fond uni, *gris.*

Le fond gris paraîtra plus foncé aux environs du cercle

Fig. 404 Fig. 405



que loin : il semblera se former autour du cercle une auréole plus foncée, dégradée.

2° On place un rond *noir* (fig. 405) sur le même fond gris : Il semblera au contraire se former autour du rond une auréole claire, dégradée.

(*e*) *Conséquences* — 1° Aux arêtes de séparation des deux faces d'une maison, l'une dans l'ombre, l'autre dans la lumière, il y a *exaltation apparente* de la lumière et de l'ombre aux environs de l'arête. Il y a dégradation du blanc et dégradation du noir en s'éloignant de l'arête (voir fig. 403 sur l'arête du mur W — W').

2° Les ombres portées sur les toitures, et plus généralement les ombres des parties supérieures des édifices, paraissent plus sombres que celles des parties inférieures. Cela tient beaucoup au contraste que produit le ciel, qui est presque toujours très lumineux et sur lequel se silhouet-

tent les parties supérieures des édifices (Observer ces effets sur la fig. 403).

(*f*) *Troisième expérience* (prouvant l'irradiation). — Prenez une règle plate, noire, et placez-la sur un fond gris, peu éclairé ; vous en saisirez très nettement le contour. Placez-la au contraire devant une fenêtre très éclairée, en la faisant se détacher sur le ciel : comme premier effet, elle vous paraîtra moins large que tout à l'heure ; et, comme second effet, ses contours sembleront moins nets. Il seront estompés et envahis, pour ainsi dire, par le clair.

Plus la règle sera loin des yeux, plus cet effet d'estompage sera accentué ; à tel point, qu'à une certaine distance la règle ne paraîtra plus noire, mais grise et d'une forme incertaine. On énonce quelquefois ce fait en disant : *Le blanc mange le noir.*

(*g*) *Conséquences.* — 1° Les ombres de peu d'étendue portées sur de vastes surfaces blanches paraissent plus étroites encore qu'elles ne sont ;

2° Les contours des ombres paraissent d'autant moins nets que les objets sont plus éloignés.

302. **Résumé.**

Les effets de contraste et d'irradiation ne sont que des effets apparents. Si les tableaux ou si les dessins que l'on fait pouvaient être placés dans les mêmes conditions soit de distance, soit d'éclairage aussi puissant que les objets qu'ils représentent, ces effets s'y produiraient d'eux-mêmes et nous n'aurions pas besoin de nous en occuper. Mais comme il n'en est pas ainsi, l'artiste est obligé, pour créer l'illusion, de les produire artificiellement dans ses œuvres ; c'est pourquoi il est important qu'il en connaisse les lois.

§ V. — Applications

A. — Objets usuels

303. **Une malle ouverte** (fig. 406).

Nous allons donner, sous forme de légende, la marche à suivre pour esquisser le dessin.

(*a*) *Mise en place première.* — 1° *Encadrement.* — L'ensemble de l'objet tient dans un rectangle XYX'Y' qui est un peu plus haut que large.

2° *Verticale première.* — C'est AA', située au premier quart environ de la largeur XY du cadre. Sa hauteur A'A est environ les 3/5 de la largeur du cadre ; elle est donc facile à mettre en place ; à partir de ce moment c'est la ligne A'A qui va servir d'*unité de début.*

3° *Horizon.* — Il passe en I au-dessus de A, et la hauteur AI est sensiblement les 5/8 de AA'. On peut donc placer l'horizon en *hh'*.

4° *Verticales secondes.* — Ce sont les lignes BB' et CC'. On commence par les mettre en largeur. A cet effet A'C'' est à peu près les 4/5 de A'A et A'B'' est un peu moins de la moitié de A'C''.

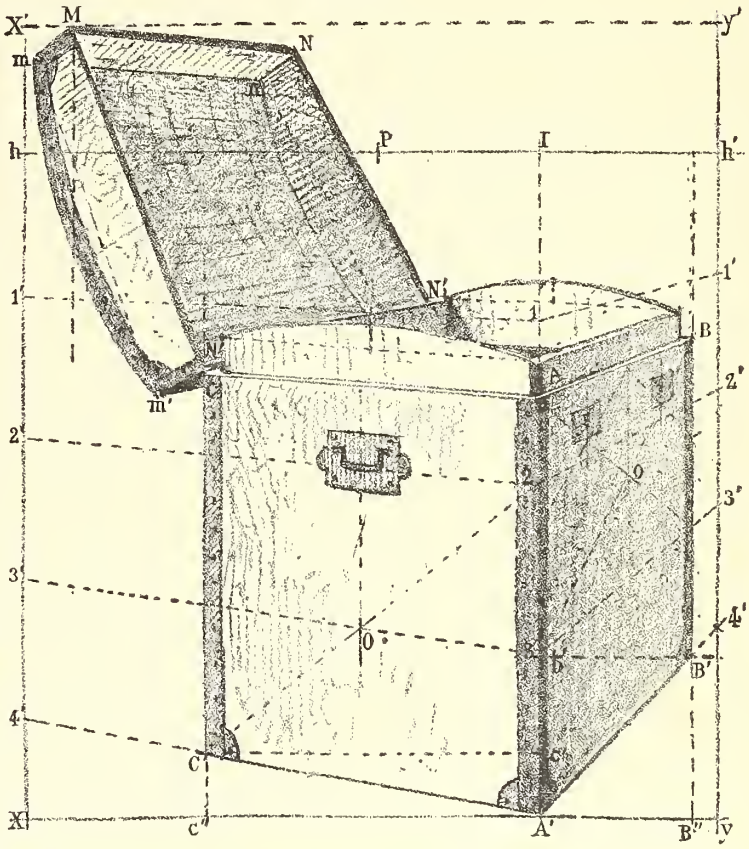
5° *Dominantes premières.* — Celle de droite est A'B' (on place B' en prenant en *b'* son niveau sur A'A). Celle de gauche est A'C'. (On place C' de la même manière).

6° *Réseaux perspectifs.* — On construit un réseau perspectif pour chaque dominante) ; après quoi l'esquisse du coffre s'achève facilement.

(*b*) *Achèvement de l'esquisse.* — 1° *Couvercle.* — On placera d'abord le point supérieur M par à plomb et niveau. On vérifiera aussi l'inclinaison de la ligne CM, ainsi que sa longueur. Quoique, dans la réalité, CM soit égal à CA, sur la perspective CM paraît un peu plus long que CA. — Achever en copiant le modèle.

2° *Remarques.* — Les lignes MC et MN' sont parallèles dans l'espace ; sur le dessin elles ont un point de fuite *aérien*. De même les lignes M*m*, N*n*, C*m'* ont un même point de fuite *terrestre*.

Fig. 406



304. **Une table de jardin** (figure 407).

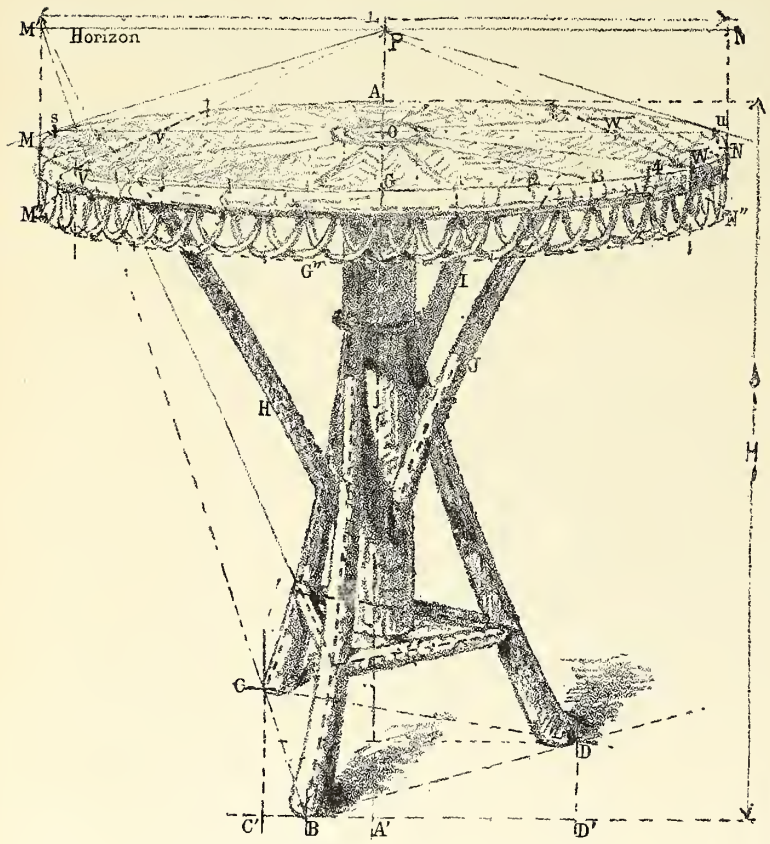
(*a*) *Mise en place première.* — 1° *Encadrement.* — On constate que la hauteur AA' du motif est un peu plus grande (de 1/20 environ) que la largeur MN.

2° *Verticale première.* — Dans le cas actuel elle est très peu définie. Ce sera la verticale idéale AA′; elle va du point le plus haut A de l'ellipse, perspective du dessus de la table, jusqu'au point A′ situé, en apparence, au niveau du pied B.

3° *Verticales secondes.* — Elles passeront par les points M et N, extrémités du grand axe de l'ellipse, perspective du dessus de la table. On a : ON = OM = (sensiblement) 1/2 de AA′ (plutôt un peu moins).

Nota. — A ce moment c'est la demi-largeur ON ou OM, que nous conseillons de prendre comme *unité de début*.

Fig. 407



(*b*) *Mise en place du cercle.*— 1° *Petit axe* AG. — On a (sensiblement) AG = 1/4 de ON. — Dès lors on peut tracer en MANG l'ellipse, perspective du dessus de la table.

2° *Horizon hh′.* — On a, sensiblement, AP = 3/4 de AG. — On trace donc l'horizon d'après cette remarque.

(*c*) *Mise en place des pieds.* — 1° *Plantation.* — Faire la plantation de la table consiste à mettre bien en place les trois pieds B, C et D. On aurait pu faire cette plantation avant de tracer l'ellipse supérieure. On met d'abord en largeur le pied le plus écarté, D (on a A′D′ = sensiblement 3/5 de ON); puis ensuite les deux autres C et B; après quoi on les cherche en hauteur apparente; savoir : hauteur DD′ comparée à largeur A′D′, et hauteur CC′ comparée à largeur C′A′. L'esquisse s'achève ensuite facilement. Le croquis indique, en lignes pointillées, les axes fictifs des pieds B, C, D et des consoles H, I, J. On fera bien de mettre d'abord en place ces lignes d'axes.

(*d*) *Baldaquin.* — On l'obtient en divisant perspectivement la circonférence supérieure en quarante parties égales, soit chaque huitième en cinq. On sera aidé dans cette opération par le tracé suivant :

1° On mène du point principal, P, les deux tangentes P*s* et P*u*, et la ligne *su* est la perspective du diamètre de front du cercle.

2° On cherche en *v* et *w*, les points qui partagent sensiblement le rayon aux 3/10 (n° 292).

3° On mène P*v* et P*w*, et les rencontres, V et W, avec l'ellipse donnent les points à 45° du cercle, c'est-à-dire les huitièmes de la circonférence.

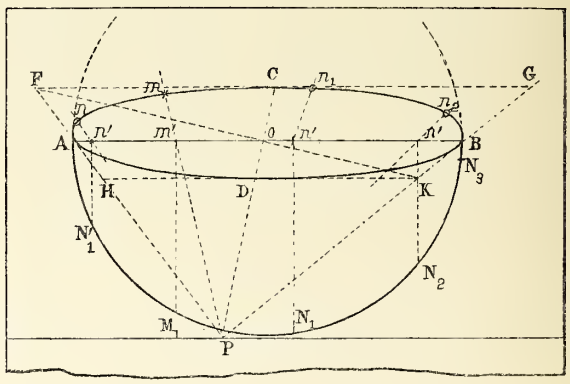
4° A vue d'œil on partage les arcs GW et GV en 5 parties *perspectivement* égales, c'est-à-dire allant en décroissant de G vers W et V, etc. Ces indications suffisent pour achever la mise en place.

(*e*) Ces opérations ne sont qu'un cas particulier du problème de perspective usuelle suivant :

305. Diviser en parties égales un cercle perspectif (figure 408).

Nous supposons que l'observation directe du modèle a fourni l'ellipse ABCD, perspective d'un cercle horizontal. — On veut diviser ce cercle en parties égales (en 10, par

Fig. 408



exemple), à partir d'un point *m* mis en place, lui aussi, par l'observation. Ce problème se présentera lorsque l'on dessinera une colonne cannelée ou un vase sur lequel des ornements seraient répartis à des distances égales entre elles.

Nous supposons, comme toujours, que l'horizon *hh′* a été observé et indiqué sur le dessin. Nous serons conduits à faire un relèvement du géométral ; on opérera de la manière suivante :

1° On circonscrit le carré perspectif FGHK et l'on en déduit le diamètre de front AB ;

2° Sur AB comme diamètre on décrit une circonférence

AM_1N_1B que l'on considère comme le relèvement du cercle perspectif déjà dessiné, et l'on relève en M_1 le point de départ m, de la division.

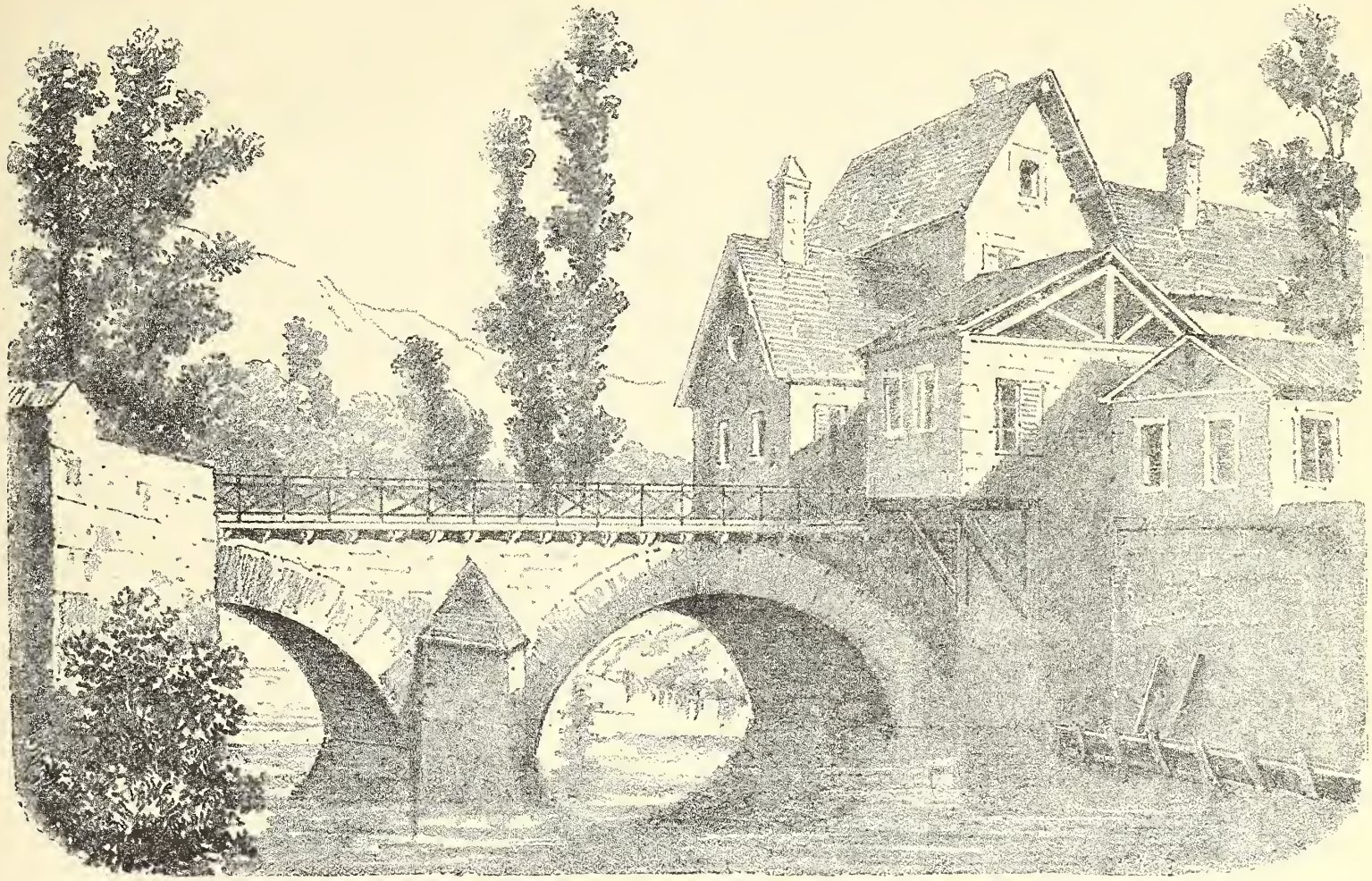
3° Sur le cercle relevé, à partir de M_1, on fait la subdivision demandée en N_1 - N_2 - N_3... etc.

4° On fait l'opération inverse du relèvement ; on fait donc un rabattement et l'on obtient en n_1 - n_2 - etc... les rabattements des points demandés.

Remarque. — Ces tracés peuvent se faire à main levée.

Fig. 409

L'Eure à Coulombs (Rendu)



B. — Paysages

306. **L'Eure à Coulombs** (Eure-et-Loir) (fig. 409).

(*a*) *Mise en place première* (fig. 410). — 1° (*Observation*). Encadrer le motif que l'on veut dessiner; se servir du chercheur (n° 282) ; choisir la ligne de terre et les deux côtés du cadre ; prendre trois repères bien visibles ; à savoir : un repère de ligne de terre (A' dans l'eau ; image du sommet de l'arche); un repère de droite (L, extrémité d'une branche d'arbre) et un repère de gauche (T, sur la crête du petit mur V). Suivre sur l'esquisse (fig. 410) page suivante.

1° bis (*Exécution*). Dans la feuille de papier, tracer, de manière que le dessin soit bien *mis en feuille,* c'est-à-dire *se présente bien,* trois lignes dont l'une horizontale et les deux autres verticales, qui seront les copies de la ligne de terre xy et les deux côtés du cadre.

Faire abstraction, pour un instant, du paysage proprement dit et ne s'occuper, tout d'abord, que de la mise en place de l'architecture ; à cet effet :

2° (*Observation*). Chercher la verticale qui frappe le plus les yeux et la choisir pour *verticale première.* La prendre autant que possible dans le voisinage de l'axe du tableau. (AA' est la verticale première.)

2° bis (*Exécution*). Mettre en place cette verticale première. La supposer d'abord indéfinie, c'est-à-dire la mettre simplement en largeur par rapport à la largeur de la ligne de terre ;

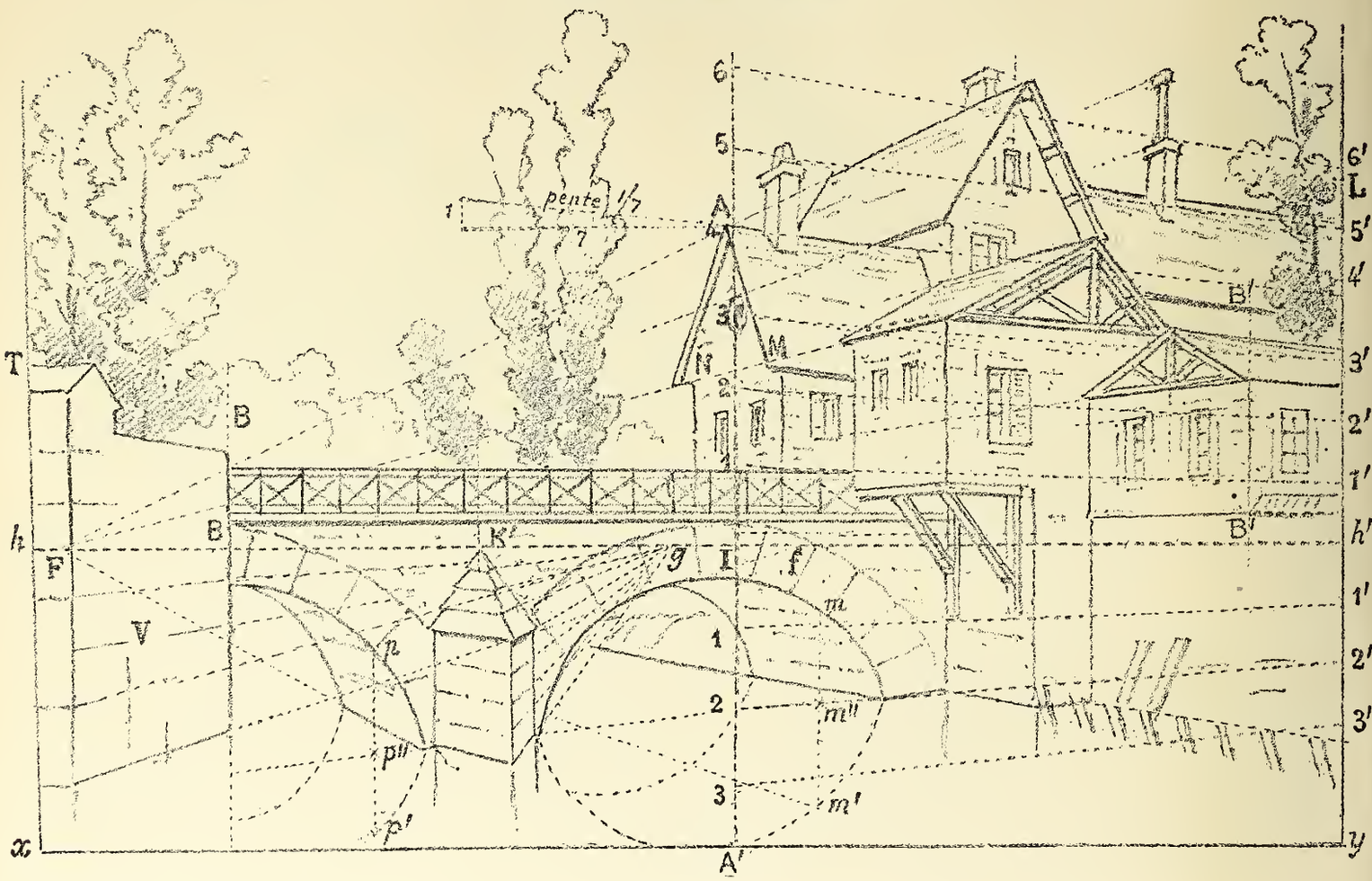
après quoi la limiter du pied et du sommet, ce qui revient toujours à des observations et à des reproductions de rapports.

Une fois cette verticale première bien placée et limitée, elle va servir d'*unité de début* pour la première phase de mise en place.

3° (*Observation*). Reconnaître la position de l'horizon. Se servir de la main tendue placée horizontalement devant les

Fig. 410

L'Eure à Coulombs (Esquisse)



yeux, ou, mieux encore, du *petit miroir vertical*, avec image de l'œil (n° 284). Cela fait, prendre des repères d'horizon (ici le sommet K' de la pile du pont); observer, aussi, le point I où l'horizon coupe la verticale première AA' et le rapport dans lequel il la partage (sensiblement à moitié).

3° bis (*Exécution*). Placer l'horizon, en *hh'*, sur le dessin, en reproduisant, sur la verticale première, le rapport de AI à A'I qui vient d'être observé.

4° (*Observation*). Choisir les verticales secondes. En général ce seront les arêtes de séparation de faces dans l'ombre et de faces en lumière (ici, à droite, B'B', et à gauche BB). Les prendre un peu éloignées de la verticale première, afin que les détails que l'on placera ensuite soient compris dans l'intervalle de ces lignes plutôt qu'en dehors. Au fur et à mesure observer, en comparant à la verticale première AA' ou AI prise comme *unité de début*, les rapports qu'ont entre eux les écartements en largeur de ces verticales secondes.

4° bis (*Exécution*). — Mettre en place les verticales secondes, en reproduisant les rapports de largeur qui viennent d'être observés. (Ici on a, sensiblement, B'I = BI = 3/2 de AI, etc.)

5° (*Observation*). Choisir, dans le paysage, les fuyantes dominantes de gauche et celles de droite. Prendre de préférence *comme dominantes premières* celles qui sont au-dessus de l'horizon et le plus loin possible de cette ligne, afin que leurs inclinaisons apparentes soient bien accentuées (ici on a pris AB' comme dominante de droite et MNF comme domi-

nante de gauche). Observer les inclinaisons de ces lignes soit en évaluant leur pente (n° 279), soit enappréciant, en fraction de demi-angle droit, l'angle qu'elles font avec l'horizontale, soit en cherchant les points où elles coupent les verticales déjà mises en place, soit encore, si leur point de fuite est accessible (voir la dominante de gauche MN), en les prolongeant avec le coup d'œil ou avec le crayon tenu à bout de bras, jusqu'à leur rencontre en F avec l'horizon et observant la position de ce point de fuite F.

5° bis (*Exécution*). Mettre en place les dominantes premières en utilisant les observations précédentes. Construire pour les dominantes dont le point de fuite serait inaccessible (ici celles de droite) un réseau perspectif 11'22'. A l'aide de ces fuyantes et, simultanément, par tout autre moyen, limiter du pied et du sommet les verticales secondes.

La *mise en place première* peut être considérée, dès lors, comme terminée.

(*b*) *Achèvement de l'esquisse.* — 1° (*Observation et exécution*). Placer dans les grandes lignes qui viennent d'être esquissées les détails dans leur ordre d'importance ; vérifier leurs positions par tous les moyens possibles.

Pour ces détails, ne plus prendre, en général, pour ligne de comparaison, l'*unité de début*, c'est-à-dire la verticale première, mais bien les longueurs ou les largeurs des parties déjà mises en place et qui avoisinent ou qui entourent le détail étudié.

Esquisses successives (*Une petite villa*)

Fig. 411

Esquisse (*1er état*). — *Croquis n° 1.*

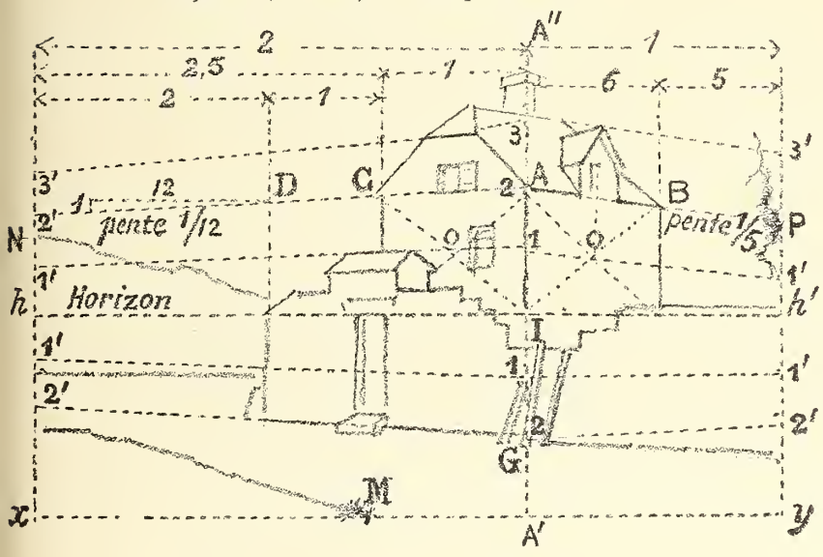
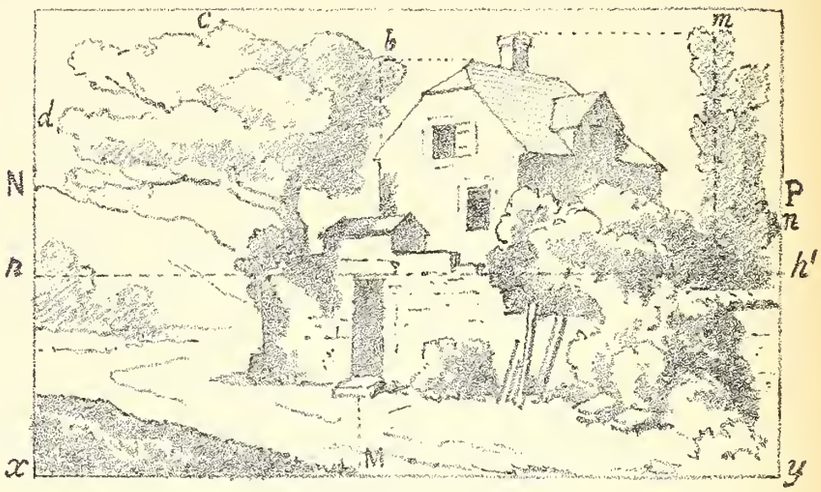


Fig. 412

Esquisse (*2e état.*) — *Croquis n° 2.*



2° (*Observation et exécution*). Une fois l'architecture placée, esquisser le paysage proprement dit en enveloppant les arbres, les rochers, les lointains par des contours simples dont on repèrera, par à plomb et niveau, les points les plus importants, soit par rapport à l'horizon, soit par rapport aux lignes déjà placées de l'architecture, etc.

Nota. — 1° Sur ce paysage, nous avons deux autres directions fuyantes dites *accidentelles*. L'une a pour point de fuite *f* (assises du petit mur de gauche V), l'autre *g* (assises de la pile de pont) ;

2° Le croquis d'esquisse indique pour les points mm', pp' ; comment on obtient l'image réfléchie du pont. On a $mm' = m''m'$, $pp'' = p''p'$, etc.

Nous avons donné ce motif comme étude très précise de perspective d'observation. On devra en assurer l'esquisse avec le plus grand soin ; il sera facile ensuite, dans le rendu, d'ôter au dessin la sécheresse qui résulterait d'une trop grande régularité dans les lignes.

307. **Une petite villa** (fig. 411 et 412).

(*a*) *Mise en place première.* — Nous suivrons exactement l'ordre indiqué plus haut (Voir la figure de l'esquisse, 1er état).

1° *Encadrement du motif.* — M (touffe d'herbes) est le repère de ligne de terre ; N (sommet d'une montagne de lointain) est le repère de gauche ; et P (extrémité d'une branche d'arbre) est le repère de droite.

2° *Verticale première.* — La verticale première est l'arête AA' de la maison. Elle tombe au tiers de la largeur. (Suivre les nombres proportionnels indiqués sur le croquis.) On la met en hauteur ; à cet effet, on a sensiblement : $A'A = 4/3$ de $A'y$, et $A'G = 1/4$ de $A'A$.

La verticale première est donc limitée en A et en G. Elle va servir d'*unité de début*.

3° *Horizon.* — L'horizon passe par le dessous du linteau de la porte d'entrée. Chercher en I le point où il rencontre

la verticale première. Ce point est sensiblement au milieu de la verticale première GA.

Dessiner l'horizon, en utilisant la remarque ci-dessus.

4° *Verticales secondes.* — Prendre comme telles les verticales B, D et C, et les mettre en largeur. (Pour les rapports, voir les nombres proportionnels du croquis.)

5° *Dominantes premières.* — Choisir comme telles, à droite, la fuyante AB (pente 1 pour 5), et, à gauche, la fuyante CD (pente 1 pour 12), et les tracer d'après leurs pentes. Vérifier soigneusement, par leurs niveaux, pris sur la verticale première, les positions des points C et B.

Construire, très légèrement, deux réseaux perspectifs, à savoir : un pour chacune de ces directions dominantes.

(*b*) *Achèvement de l'esquisse.* — Pour achever, copier directement le second modèle, en s'aidant néanmoins du croquis n° 1. On y voit appliquée la construction donnée au n° 291, pour trouver les milieux O et O des faces de la maison.

(*c*) *Esquisse du paysage.* — (Voir esquisse, 2e état). Chercher, par à plomb et niveau, la position des points tels que *m*, *n*, *b*, *e*, *d*, par lesquels passent les enveloppes des masses d'arbres.

Esquisser soigneusement les troncs et les branches qui sont, en réalité, le squelette de l'arbre.

(*d*) *Rendu définitif.* — Passer légèrement la gomme sur le travail précédent, mais de manière à ne pas en perdre complètement la trace, et procéder au rendu. On fera bien de masser d'abord les ombres par une teinte grise, afin de se rendre compte de l'effet général.

308. Dans un dessin, exécuté d'après nature, retrouver expérimentalement la distance (entière ou réduite).

La recherche du point de distance peut être utile, soit pour faire des restitutions perspectives, soit pour achever théoriquement des détails sur un dessin commencé par l'observation.

Il serait presque absurbe, étant placé en face d'un objet que l'on veut copier sur une feuille de papier de *grandeur déterminée*, de se donner *a priori* la distance principale. Ce serait, du même coup, s'imposer les dimensions principales du dessin et cela entraînerait, le plus souvent, une mauvaise mise en feuille.

On procède autrement et ce qu'on s'impose généralement, *a priori*, c'est la plus grande dimension du dessin.

Par exemple, lorsqu'on copie la malle représentée figure 406, il y a un instant de l'opération où les largeurs C″A′, ou A′B″, sont déterminées. — A ce moment, mais à ce moment seulement, nous pouvons dire quelle est la distance qui répond au tableau que nous exécutons.

Pour la trouver expérimentalement on prendra, très exactement avec son crayon, sur le dessin que l'on fait, une des lignes déjà dessinées, la largeur C″A′, ou A′B″, peu importe ; plaçant ensuite le crayon devant les yeux et le tenant de front on le superposera, en apparence, avec la longueur correspondante de l'espace. Pour y arriver, il faudra reculer ou avancer la main ; mais, lorsque la superposition sera obtenue, la distance de l'œil au crayon, longueur que l'on pourra mesurer avec un mètre, donnera la distance principale. On en déduira une distance réduite quelconque.

Sur le croquis de l'Eure à Coulombs (fig. 410), l'expérience faite a donné une distance égale à 43 centimètres. Le tableau a une largeur de 20 centimètres; il est donc un peu trop large pour la distance. Il n'en est pas moins vrai que pour voir le dessin de la figure 410 de son point de vue exact et avoir l'illusion des lignes, on devra placer l'œil à 43 centimètres en avant de la feuille de papier.

Nous insistons sur ce point parce que nous avons vu plusieurs professeurs tomber dans la confusion que nous signalons ci-dessus et, en même temps qu'ils faisaient dessiner à leurs élèves des objets d'après nature, leur imposer une distance réduite, ou non réduite, avec obligation de s'en servir pour préciser certaines parties de leur dessin.

Le plus ordinairement, ainsi que nous venons de le montrer, il y aura incompatibilité entre cette distance imposée et la mise en place, faite à vue, des lignes les plus importantes du dessin ; et il faudrait un grand hasard pour que cette distance *imposée* répondît bien aux dimensions du dessin. Dans ces conditions d'incompatibilité, l'élève se trouve complètement perdu et il ne sait plus comment allier la théorie avec l'observation.

Il peut être, en effet, très utile de faire trouver la distance entière, ou une réduction (en général 1/4 ou 1/5), de cette distance, parce que cela peut permettre au dessinateur, familiarisé avec la théorie, de compléter certains tracés autrement qu'en ayant recours à l'observation ; mais, nous le répétons, cela ne peut se faire que de deux manières, soit expérimentalement, comme nous venons de l'indiquer, soit théoriquement en exécutant une restitution perspective comme au n° 258.

Nota. — Le plus ordinairement en essayant de trouver expérimentalement, comme ci-dessus, la distance sur un dessin un peu grand, on reconnaîtra que le bras n'est pas assez long pour amener la superposition apparente de la ligne du dessin avec la ligne correspondante de l'espace. Dans ce cas, on prendra une fraction, le *cinquième* par exemple, de la ligne du dessin, et on en fera, en s'aidant du crayon, la superposition avec la ligne *entière*, qui lui correspond dans l'espace. Au moment où la superposition aura lieu le crayon sera à une distance de l'œil égale au *cinquième* de la distance.

CHAPITRE XIII

PERSPECTIVES DE CONVENTION

§ I. — Perspective cavalière ou projections obliques

309. Généralités.

(*a*) *Position de la question.* — Imaginons que le spectateur placé devant un tableau perspectif ordinaire s'éloigne indéfiniment de ce tableau. A la limite, lorsqu'il sera infiniment loin, les rayons visuels qui, de son œil, aboutissaient aux différents points des objets à représenter seront devenus parallèles entre eux et la perspective se sera transformée en une projection ; au lieu de rayons visuels, nous aurons des projetantes.

Si ce déplacement du spectateur s'est fait suivant une trajectoire perpendiculaire au tableau, nous aurons une *projection droite*, c'est-à-dire une projection ordinaire ; s'il s'est fait suivant une direction oblique au tableau, nous aurons une *projection oblique* ou *perspective cavalière*.

On voit donc, *à priori*, que le problème de la perspective cavalière est le même que celui des ombres au soleil.

Soit (fig. 413) OX — OY — OZ, trois axes de coordonnées, les trois arêtes d'un cube, par exemple, dont la première OX (largeurs) est horizontale et parallèle au tableau, dont la seconde OZ (hauteurs) est verticale et de front également, tandis que la troisième, OY (profondeurs) est perpendiculaire au tableau.

Supposons que le spectateur se soit éloigné indéfiniment du tableau en suivant la direction OI ; on aura en *ox*, *oz* et *oy* la perspective cavalière des trois arêtes du cube. Il est évident qne les arêtes de front OX et OZ se perspectivent en *ox* et *oz* égales et parallèles à elles-mêmes, tandis que la troisième, OY, donnera pour perspective une droite quelconque *oy*.

(*b*) *Définition.* — Nous nommerons *fuyantes* des lignes telles que *oy* qui seront les perspectives de droites de l'espace telles que OY, c'est-à-dire perpendiculaires au tableau.

Il est facile de voir que *oy* sera dans un rapport donné, constant, avec OY. Ce rapport constant que nous désignerons par la lettre K, se nommera le *rapport de réduction*.

Ainsi donc : une perspective cavalière sera déterminée quand on se donnera la direction des fuyantes et le rapport de réduction K.

La manière la plus simple de préciser les conditions d'une perspective cavalière consiste (fig. 414) à se donner en OX, OY, OZ, la perspective cavalière des trois axes de coordonnées, c'est-à-dire des trois échelles, OX (échelle des largeurs), OZ (échelle des hauteurs), OY (échelle des profondeurs) et de graduer ces échelles (fig. 414).

Fig. 413

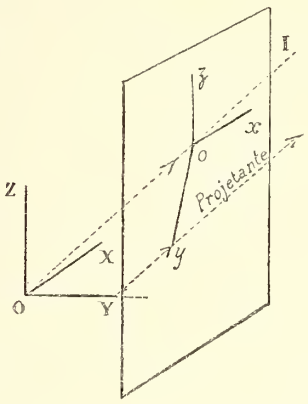
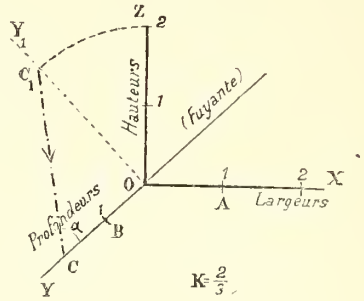


Fig. 414



L'échelle des profondeurs OY donne la direction des fuyantes et le rapport OB : OA, d'une division de l'échelle OY à une des divisions de OX ou OZ, donne le rapport de réduction K. Sur la figure 414, on a K = 2/3.

(*c*) *Principes.* — De même que pour les projections droites et pour les ombres au soleil, on voit que dans une perspective cavalière :

1° Toute figure de front se perspective égale et parallèle à elle-même ; son éloignement ne modifie pas la grandeur de sa projection oblique. En perspective conique, une figure de front se perspectivait semblable, mais non pas égale à elle-même. Elle paraissait d'autant plus petite qu'elle était plus éloignée ;

2° Deux droites parallèles ont leurs perspectives cavalières parallèles. En perspective conique, deux droites parallèles convergent à un même point de fuite ;

3° Le rapport de deux segments pris sur deux droites parallèles se conserve en perspective cavalière. Il n'en était pas de même en perspective conique.

310. Rabattement d'une projetante sur un plan de front. Rabattons sur le plan de front XOZ, le plan qui contient la droite OY′ de l'espace et sa perspective cavalière OY (fig. 414).

La charnière du rabattement est la perspective OY. Le point O ne bouge pas. La ligne OY′, qui dans l'espace est perpendiculaire au tableau et, par suite aussi, perpendiculaire au plan de front XOZ, se rabat suivant OY_1 perpendiculaire sur la charnière OY. Le point C′ situé dans l'espace à deux mètres en avant du plan XOZ se rabat en C_1 à une distance de deux mètres mesurés non plus sur OY, qui donne les profondeurs réduites, mais sur OX ou sur OZ, qui les donne non réduites. Par conséquent, si le rapport de réduction $K = 2/3$ on aura $OC = 2/3\ OC_1$ ou inversement $OC_1 = 3/2$ de OC. Autrement dit, pour avoir OC_1 on multipliera OC par le rapport *inverse* du rapport de réduction.

La projetante qui, dans l'espace, allait du point C′ de l'espace à sa perspective C, va maintenant du point rabatu C_1 au même point perspectif C; donc C_1C est le rabattement de la projetante et l'angle $C_1CO = \alpha$, est l'angle que font les projetantes obliques, soit avec le plan du tableau, soit avec tout autre plan de front quelconque OXZ.

311. Perspective cavalière d'une circonférence horizontale.

Soient OX, OY, OZ (fig. 415), les trois échelles graduées. Le rapport de réduction des fuyantes parallèles à OY est $K = 1/2$.

Soit AB le diamètre horizontal d'un cercle à mettre en perspective cavalière dans le plan horizontal XY.

Nous opérons comme dans la perspective conique et nous faisons un relèvement du géométral autour de AB comme charnière. Ici le géométral est remplacé par le plan XOY. Le cercle se relève en AC_1BD_1 et apparaît en vraie figure.

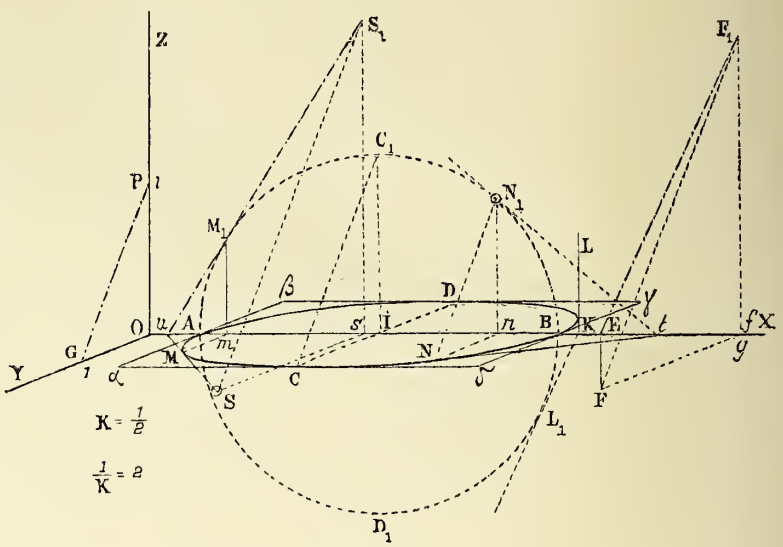
Pour avoir la perspective cavalière demandée, il ne reste plus qu'à faire l'opération inverse au relèvement, c'est-à-dire un rabattement.

(*a*) *Rabattement d'un point et tangente.* — Soit N_1 un point quelconque du cercle relevé et N_1t sa tangente. — Abaissons N_1n perpendiculaire sur la charnière. — Après le rabattement, cette droite prend la position fuyante nN et le rapport de réduction étant égal à 1/2 on prend $n\mathrm{N} = 1/2\ n\mathrm{N}_1$.

Pour rabattre la tangente N_1t, on observera que le point t situé sur la charnière ne bouge pas dans le mouvement; la tangente rabattue est donc tN.

(*b*) *Remarque.* — Les points tels que N_1, M_1, C_1..... décrivent dans l'espace, en se rabattant, des arcs de cercle dont les cordes N_1N — M_1N, etc..... sont toutes parallèles entre elles. Or, on connaît facilement une d'entre elles, par exemple, la corde PG, qui joint le point P situé à 1 mètre sur l'axe OZ, au point G situé à 1 mètre sur l'axe fuyant OY. On mènera donc les autres cordes parallèles à PG, ce qui dispensera de faire usage du rapport de réduction. En somme, c'est la méthode de la corde de l'arc appliquée à la perspective cavalière.

Fig. 415



(*c*) *Parallélogramme circonscrit à l'ellipse.* — On rabat en IC le rayon IC_1 perpendiculaire à AB; on prend le point symétrique D et l'on obtient en αβγδ un parallélogramme circonscrit. En A et B les tangentes sont parallèles aux fuyantes.

(*d*) *Point pour lequel la tangente à l'ellipse passe par un point donné* S. — On relève le point S en S_1 comme à l'ordinaire; on mène la tangente S_1M_1u au cercle en vraie figure et l'on rabat M_1 en M.

Ce problème serait à résoudre dans le cas où S serait la perspective cavalière du sommet d'un cône dont l'ellipse serait la base. Dans ce cas, la tangente serait le contour apparent du cône.

(*e*) *Point pour lequel la tangente à l'ellipse est parallèle à une direction donnée* EF. — On relève EF en EF_1. — On mène au cercle, en vraie figure, une tangente L_1K parallèle à EF_1 et l'on rabat L_1K en LK.

312. Perspective cavalière d'un assemblage de charpente.

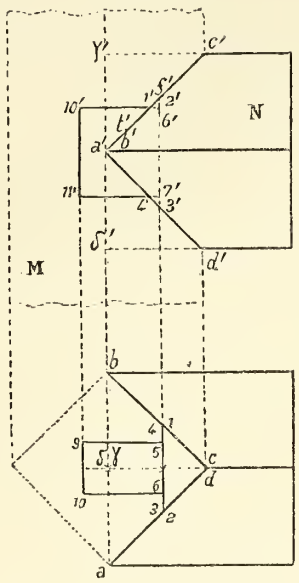
La figure 416 représente en plan et élévation un assemblage dit *à tenon sur l'arête.* Deux pièces de bois, à sections droites carrées, sont l'une M verticale, l'autre N horizontale. Elles ont le même équarrissage, et leurs carrés de section droite se présentent en diagonale (voir traité de Stéréotomie).

Cet assemblage est surtout usité pour réunir ensemble les poteaux et les traverses d'une forte barrière. Les pièces de bois placées ainsi sur l'arête se présentent sur leur plus

grande largeur et ont, par suite, plus de résistance aux efforts qui tendraient à les briser. En fortification cela permet d'établir finalement des créneaux entre les poteaux.

Fig. 416

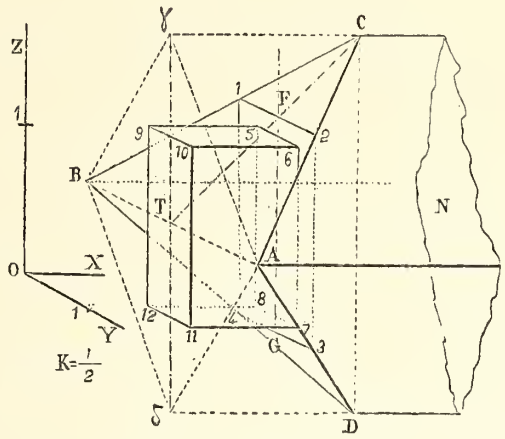
Epure



Pour en donner la perspective cavalière, nous prendrons (fig. 417) en OX — OZ et OY les directions des trois échelles. Afin d'avoir un dessin un peu grand, nous conviendrons de doubler, par rapport à l'épure, les largeurs et

Fig. 417

Tableau



les hauteurs comptées parallèlement à OX et OZ et de ne pas doubler les profondeurs; en réalité cela revient à dire que les fuyantes parallèles à OY seront réduites dans le rapport de réduction K = 1/2. On opérera comme suit :

1° Nous construisons d'abord la perspective d'une section droite AB$\gamma\delta$. — On a pris pour cela $\gamma\delta$ (tableau) = 2 fois $\gamma'\delta'$ (épure), et la fuyante BA (tableau) = *ba* (épure). Par ABγ et δ nous menons, parallèlement à OX, les arêtes indéfinies de la pièce.

2° Nous plaçons ensuite les points rentrants C et D. A cet effet nous portons γC (tableau) = 2 fois $\gamma'c'$ (épure) et δD = 2 fois $\delta'd'$.

Nous avons ainsi, en ACBD, le *quadrilatère (gauche) d'occupation,* ainsi nommé, parce que, si l'on entaillait la pièce N suivant deux plans ACD et BCD formant un dièdre rentrant, la pièce N pourrait s'appliquer sur la pièce M et y *occuperait* sur ses faces une place limitée par ce quadrilatère. Dans ces conditions il y aurait contact, mais non pas assemblage, et, pour maintenir le tout en place, il faut à la pièce N une saillie T dite *tenon*, qui puisse pénétrer dans une entaille correspondante, dite *mortaise*, pratiquée dans la pièce M.

3° Le dièdre rentrant, dont CD serait l'arête, est tronqué par un plan 1, 2, 3, 4, qui se nomme la *portée du tenon.* Pour en obtenir la perspective on a pris sur la ligne CT, qui est de front, et par suite n'est pas réduite, une longueur CF (tableau) = 2 fois $c'f'$ (épure), ce qui détermine le rectangle de portée 1, 2, 3, 4.

On vérifiera que les fuyantes 1 — 2 et 3 — 4 du tableau sont égales aux longueurs 1 — 2 et 3 — 4 de l'épure.

4° *La racine du tenon*, 5, 6, 7, 8 (tableau) se place en se repérant sur la ligne verticale FG, prise comme axe du rectangle de portée. — On a : 6 — 7 (tableau) = 2 fois 6′ — 7′ (épure) et 5 — 6 (tableau) = 5 — 6 (épure).

5° Le tenon s'achève en menant ses arêtes 5 — 9, 6 — 10, etc... parallèles à OX et égales à deux fois les longueurs correspondantes mesurées sur l'épure.

313. Perspective cavalière d'une sphère. — Ombres.

(*a*) *Données.* — Soient OX, OY, OZ (fig. 419) les trois échelles ou axes de coordonnées. Le rapport de réduction K est supposé égal à 2/3. Le point C est la perspective du centre de la sphère ; *c*, *c′* et γ sont les perspectives des projections de ce centre sur les trois plans de coordonnées XOY — XOZ et YOZ.

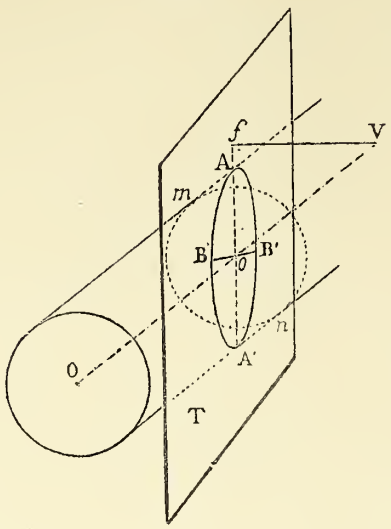
(*b*) *Contour apparent perspectif de la sphère.* — C'est le même problème à résoudre que celui qui consiste à chercher l'ombre portée par une sphère sur un plan ; seulement, ici, les rayons lumineux sont remplacés par des rayons visuels. Sa solution consiste, en dernière analyse, à circonscrire à une sphère O (fig. 418) un cylindre qui, par conséquent, est de révolution, et à couper ce cylindre par un plan qui est le plan du tableau. Les génératrices du cylindre sont parallèles aux rayons visuels.

On sait, d'après le théorème de **Dandelin**, que la section plane d'un cylindre de révolution est une ellipse dont le grand axe AA′ est d'une part sur le tableau (ici plan sécant), et, d'autre part, sur le plan méridien qui est perpendiculaire au plan sécant, c'est-à-dire qui contient à la fois

l'axe OX du cylindre et une perpendiculaire Vf au plan sécant.

D'ailleurs, si du point o, où l'axe perce le plan sécant, on

Fig. 418



avait, comme centre, tracé une sphère inscrite dans ce cylindre et si l'on avait coupé cette sphère par le plan méridien que nous venons d'indiquer, on aurait obtenu une circonférence omn et les deux génératrices du cylindre mA et nA', tangentes à cette circonférence, auraient donné les extrémités du grand axe AA'.

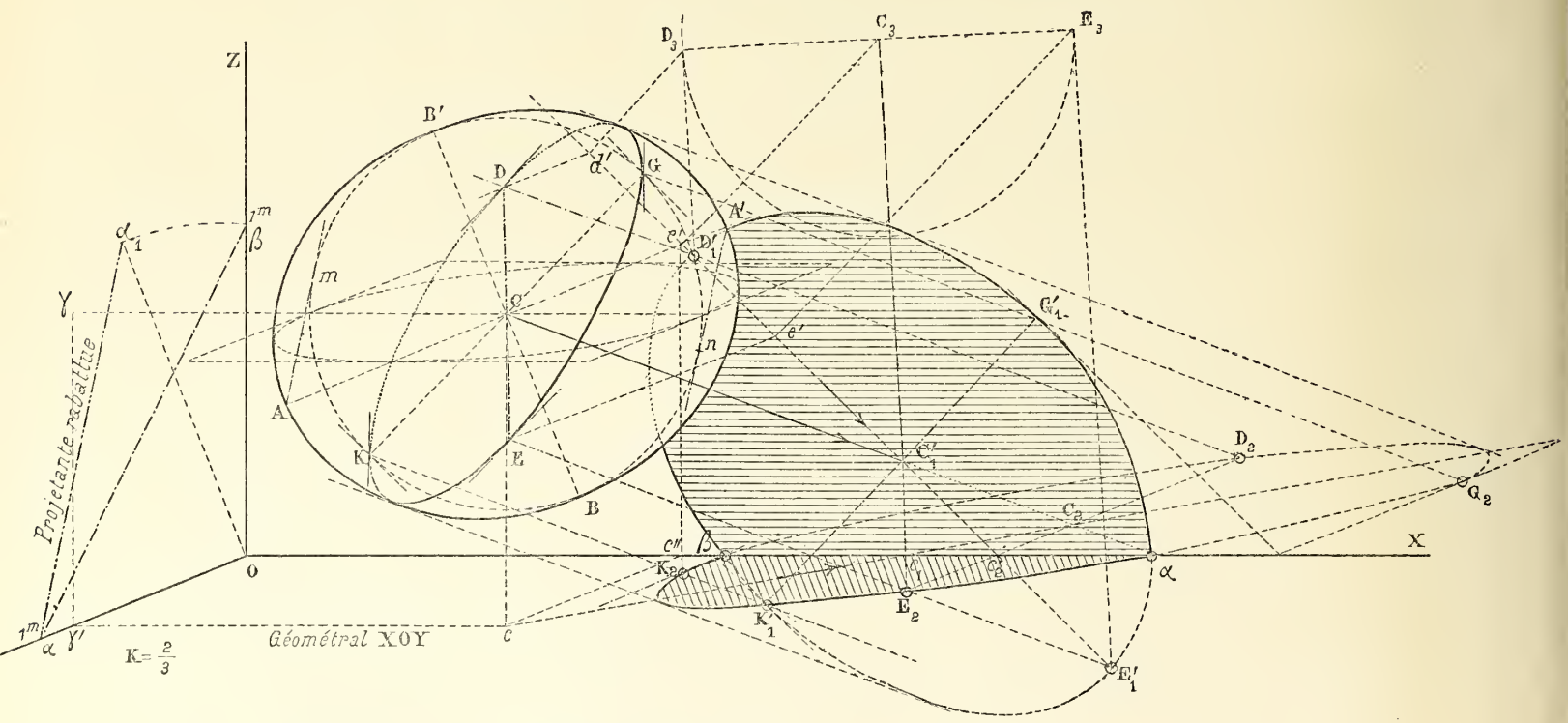
Le petit axe BB' est perpendiculaire au précédent et égal au diamètre de la sphère.

Raisonnons maintenant en perspective cavalière. L'axe OV du cylindre (même figure 418), donnera la direction des rayons visuels, c'est-à-dire des projetantes. Le plan sécant T sera le tableau. La perpendiculaire fV au tableau aura pour perspective cavalière la droite A'oAf, qui est par conséquent une fuyante.

Considérons maintenant la figure 419. Le grand axe de l'ellipse de contour apparent perspectif de la sphère a pour direction AA' la fuyante qui passe par la perspective C du centre. Pour en avoir les limites A et A' rabattons sur le plan de front C$c\gamma'\gamma$ du centre et autour de AA' comme charnière, la section faite dans la sphère par le plan contenant à la fois les projetantes et les fuyantes. Nous obtenons en mn le grand cercle de front de la sphère ; nous lui menons les tangentes mA et nA' parallèles à la direction $\alpha\alpha_1$ des projetantes rabattues (voir n° 310) et nous obtenons en A et A' les extrémités du grand axe.

Le petit axe est BB' perpendiculaire à AA' et égal au diamètre de la sphère.

Fig. 419



(c) *Ombres portées du centre.* — On se donne en cc_1, sur le géométral XOY, la projection en perspective du rayon lumineux qui passerait par le centre ; et en c'C'$_1$ sa projection sur le plan XOZ, ou plan vertical. Nous en déduisons facilement la perspective CC'$_1$ du rayon lumineux de l'espace, ainsi que les traces C$_2$ de ce rayon sur le plan hori-

zontal XOY et C'_1 trace sur le plan vertical XOZ. Le point C_2 est l'ombre portée par le centre sur le plan horizontal et C'_1 son ombre portée sur le plan vertical.

(*d*) *Ellipse d'ombre portée par la sphère sur le plan vertical* XOZ. — Cette ombre se perspective en vraie grandeur, car elle est portée sur un plan de front. Pour l'obtenir, considérons le plan méridien qui projette le rayon lumineux central CC'_1 sur le plan vertical ; sa trace sur le plan vertical est $c'C'_1$. Rabattons-le autour de cette ligne comme charnière : le centre vient en C_3 sur une perpendiculaire $c'C_3$ à la charnière et l'on prend $c'C_3$ égal à Cc' multiplié par l'inverse du rapport de réduction K. Ici, $K = 2/3$, donc $c'C_3 = 3/2Cc'$. La section méridienne de la sphère se rabat suivant le cercle D_3E_3, et le rayon lumineux est rabattu suivant $C_3C'_1$. On mène au cercle méridien rabattu les tangentes lumineuses $E_3E'_1$ et $D_3D'_1$, ce qui donne en D'_1 et E'_1, sur le plan vertical, les extrémités du grand axe de l'ombre portée. Le petit axe $K'_1G'_1$ est perpendiculaire au précédent et égal au diamètre de la sphère. L'ombre portée sur le plan vertical est donc déterminée par ses axes, ce qui permet de tracer l'ellipse.

(*e*) *Ombre propre*. — Pour l'avoir, on remontera par des rayons lumineux inverses D'_1D — E'_1E, etc.... des points d'ombre portée aux points d'ombre propre sur la sphère. Ainsi, pour les points E et D, répondant aux extrémités du grand axe, on remarquera que $e'E$ est une fuyante, tandis que E'_1E est un rayon lumineux de l'espace parallèle à CC'_1. Le croisement de ces deux lignes donnera donc le point E ; de même pour le point D. Quant aux points G et K, ils sont, d'une part, sur les rayons lumineux inverses menés par les points G'_1 et K'_1 et, d'autre part, sur la ligne de front KCG menée par le centre et parallèle au petit axe $K'_1G'_1$ de l'ellipse d'ombre portée ; l'ellipse d'ombre propre est donc déterminée par deux diamètres conjugués KG et DE, ce qui suffit.

(*f*) *Ombre portée sur le plan horizontal*. — On cherche en D_2E_2 et G_2K_2 les traces horizontales sur le plan XOY des rayons lumineux dont on vient de se servir et l'ellipse d'ombre portée est déterminée horizontalement par deux diamètres conjugués K_2G_2 et D_2E_2, ce qui suffit.

314. Remarque générale sur la perspective cavalière.

On voit (fig. 419) le mauvais aspect produit par la perspective cavalière dans le cas où on l'applique à un ensemble.

Pour le spectateur qui regarde une perspective cavalière et qui, instinctivement, fait la restitution des lignes comme il le ferait devant un véritable tableau perspectif, les fuyantes qui sont parallèles sur le tableau lui font l'effet de lignes qui ne sont pas réellement parallèles dans l'espace. Nous avons vu au chapitre relatif aux restitutions que, sur une vraie perspective conique, deux lignes dans ces conditions se rencontrent en réalité dans le plan neutre ou plan de front du spectateur. C'est bien là l'effet produit par une perspective cavalière un peu importante. Loin de paraître parallèles, les fuyantes semblent converger sur le spectateur.

Nous recommandons donc de n'employer la perspective cavalière que pour les dessins de détail, analogues à l'assemblage de charpente de la figure 417. Alors elle a pour avantage de permettre de prendre directement des mesures sur les trois dimensions principales du dessin, ce qui suffit dans presque tous les cas, et dans ces conditions elle permet, presque, de se passer d'un relevé géométral (1).

(1) Depuis que ces lignes ont été écrites, **M. Choisy**, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a fait de la perspective cavalière une application qui nous a un peu réconcilié avec ce mode de représentation. Dans le magistral ouvrage sur l'histoire de l'architecture, qu'il vient de publier, il donne en perspective cavalière un grand nombre de vues d'ensemble d'édifices. Seulement il prend comme tableau le plan horizontal, et comme fuyantes des lignes verticales. Ainsi le plan de l'édifice apparaît sans déformation aucune; les verticales seules sont réduites. La perspective cavalière qu'il obtient ainsi est identique à ce que serait l'ombre portée par l'édifice sur le plan horizontal, et son aspect n'a plus rien de choquant.

§ II. — Perspective axonométrique et perspective isométrique

315. Principe de la perspective axonométrique.

Dans les édifices et dans les machines on distingue en général trois directions principales, parallèles aux arêtes d'un trièdre trirectangle OX, OY, OZ. Dans la perspective axonométrique, on place ce trièdre des axes coordonnés dans une position quelconque, puis on le projette *orthogonalement* (et non pas obliquement), sur le plan de projection.

Tel est le principe de la perspective axonométrique ; on voit de suite que tandis que, dans la perspective cavalière on gardait les deux axes OX et OZ parallèles au tableau et on projetait obliquement le troisième axe OY, ici aucun des axes ne sera parallèle au tableau ; ils seront tous les trois réduits par le fait de la projection orthogonale.

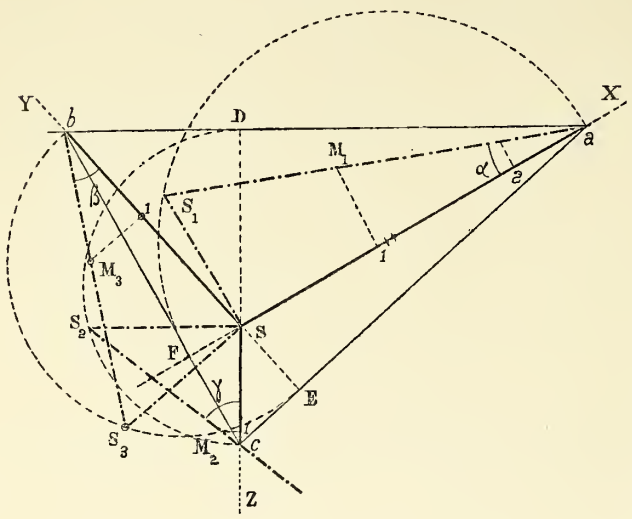
(*a*) *Projection des axes*. — Voyons d'abord si trois droites quelconques SX, SY, SZ, issues d'un même point, peuvent être prises pour projections orthogonales des trois arêtes d'un trièdre trirectangle, par exemple des trois arêtes d'un cube, et, cela étant reconnu possible, dans quel rapport chacune d'elles sera réduite par le fait de sa projection, ce qui permettra de déterminer l'échelle de chacun des axes.

A cet effet, supposons que nous ayons coupé le trièdre par le plan de projection et soient *a*, *b*, *c* (fig. 420), les traces de ces trois arêtes. — Nous remarquerons d'abord que les droites *ab* — *bc* — *ca*, traces des trois faces sur le tableau, doivent être perpendiculaires aux projections des arêtes opposées, S*c*, S*a* et S*b*, d'après le théorème connu :

Lorsqu'une droite est perpendiculaire sur un plan, sa projection orthogonale est perpendiculaire sur la trace du plan.

Cette première condition est déjà réalisée, car si *ab* et *bc* sont respectivement perpendiculaires sur SZ et SX, d'après le théorème que : *les trois hauteurs d'un triangle se coupent en un même point* S, la troisième base *ac*, du triangle *abc* est aussi perpendiculaire sur SY.

Fig. 420



Cherchons maintenant la hauteur du point S de l'espace au-dessus du plan de projection. A cet effet, rabattons le plan projetant l'arête S*c*. L'angle DS*c* de l'espace étant droit, puisque S*c* est perpendiculaire au plan XOY, son sommet S se rabattra sur la circonférence décrite sur *c*D comme diamètre, ce qui le déterminera en S_2. On aura donc en S_2c l'une des arêtes en vraie grandeur, et SS_2 donne la hauteur du sommet S.

On fera de même pour les deux autres droites S*b* et S*a*. On aura leurs rabattements en S_1 *a* et S_2b, et la hauteur du sommet se retrouvera encore en SS_1 et SS_3.

Il faut démontrer que les trois hauteurs SS_1 — SS_2 et SS_3 obtenues ainsi pour le point S sont égales. Or, dans chaque demi-circonférence, telle que aS_1F, on a :

$$SS_2 = SF \times Sa.$$

Il suffit donc de prouver que les trois produits $SF \times Sa$, $SD \times Sc$ et $SE \times Sb$ sont égaux, ce qui résulte de ce théorème de géométrie que : *dans un triangle quelconque, les produits des segments des hauteurs sont égaux entre eux.*

Il est donc démontré que les trois droites quelconques S*a* — S*b* et S*c* peuvent être les projections d'un trièdre trirectangle.

(*b Echelles des trois axes.* — Pour avoir les trois échelles nous portons en S_1M_1 — S_2M_2 — S_3M_3, sur les trois arêtes rabattues, une longueur égale à 1 mètre et nous projetons ces trois points sur les trois droites S*a* — S*b* — S*c*, ce qui nous donne en 1, 1 et 1 une longueur de 1 mètre réduite par le fait de la projection et ce qui nous détermine les échelles des trois axes.

(*c*) *Remarque.* — Ces échelles sont différentes pour chacun des axes. C'est un inconvénient qui disparaîtrait si les trois droites. S*a* — S*b* — S*c* étaient également inclinées l'une sur l'autre, autrement dit : si elles faisaient entre elles des angles de 120 degrés. Dans ce cas, il est évident que les trois rabattements que nous avons faits tout à l'heure conduiraient aux mêmes figures et, par suite, aux mêmes échelles. — La perspective *axonométrique* deviendrait, dans ce cas, une perspective *isométrique*. Nous allons en dire quelques mots.

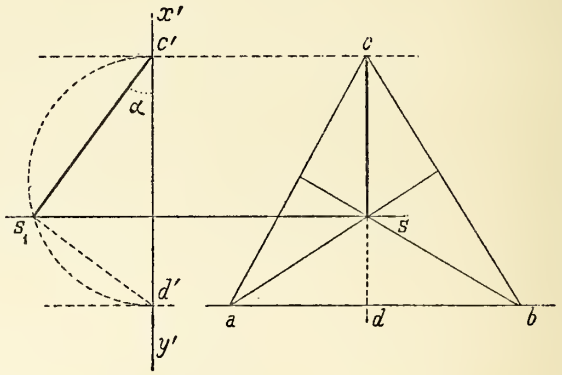
316. Perspective isométrique.

Ainsi que nous venons de le dire, la perspective isométrique est une perspective axonométrique dans le cas particulier où les trois arêtes du trièdre sont également inclinées sur le tableau. — Le triangle *abc* formé par les traces des faces est alors équilatéral.

Faisons en $c'S_1d'$ (fig. 421) le même rabattement que ci-dessus. Nous trouvons en α l'angle que fait une arête avec le plan de projection (1), et il est facile de prouver que

$$\overline{sc} = \overline{S_1c'} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 0{,}806.\overline{S_1c'}.$$

Fig. 421



En supposant que l'on projetât isométriquement l'objet lui-même, ses dimensions parallèles aux trois axes seraient donc les 0,806 de la grandeur naturelle. Cela conduirait à des échelles assez compliquées et d'un emploi peu commode. Aussi, en général, et afin de faciliter les mesures, on adopte des échelles simples pour les trois axes ; par exemple, on prendra l'échelle de 0^m01, ou 0^m02 pour 1 mètre. Cela reviendrait à dire que, dans l'espace, le cube dont S*a*, S*b* et S*c*, seraient les projections des arêtes, serait lui-même réduit non pas à l'échelle de 0^m01 ou 0^m02 pour 1 mètre, mais à ces

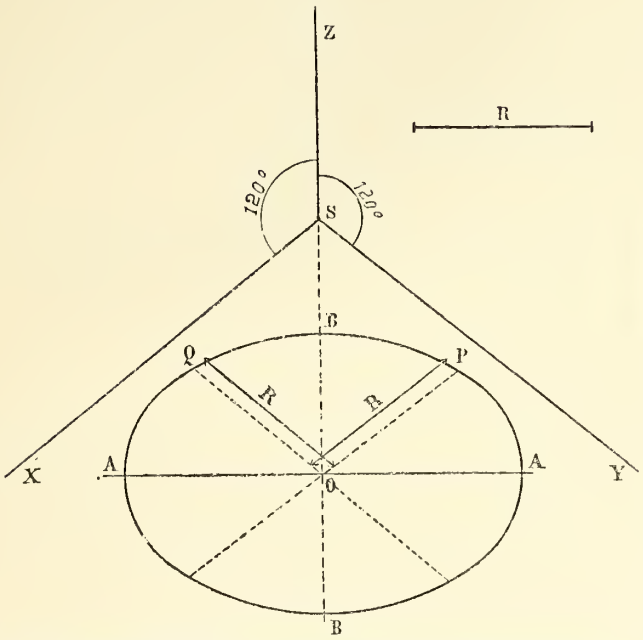
(1) La trigonométrie donne : $\cos. \alpha = \frac{sc}{S_1c'} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 0{,}806$

et $\sin. \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0{,}577.$

mêmes échelles multipliées par le rapport inverse $\frac{1}{0,806}$

ou $$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 1,240$$

Fig. 422



317. Perspective d'une circonférence isométrique. Toutes les circonférences situées dans des plans isométriques (on nomme ainsi les plans parallèles aux faces du trièdre) se projettent suivant des ellipses semblables. Soit, par exemple, une circonférence dans le plan XOY. — Soit R son rayon et O son centre. Le grand axe AA sera parallèle à la trace du plan XY sur le tableau, c'est-à-dire perpendiculaire à la bissectrice de l'angle XOY. — Sa grandeur sera $2R \times 1,240$, d'après la convention ; le petit axe sera égal à $\frac{2R\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{2R\sqrt{2}}{2}$. On pourra le calculer facilement.

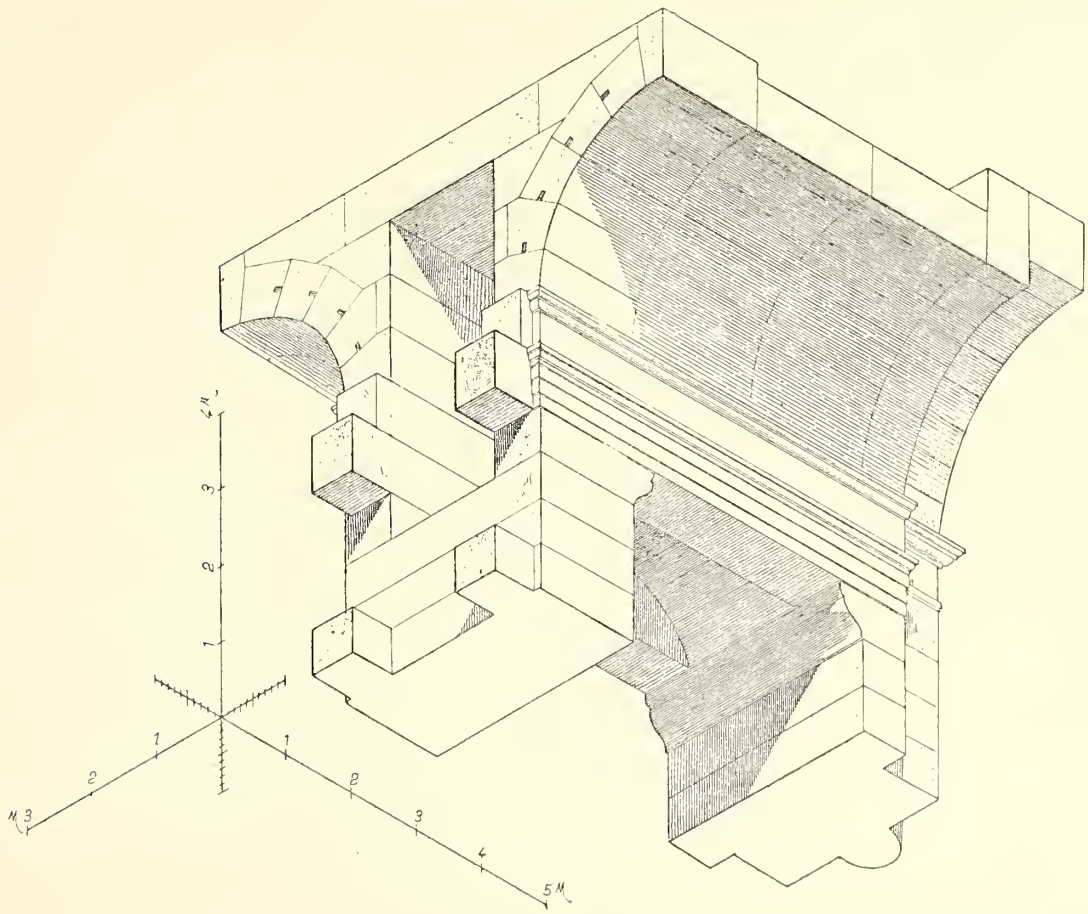
On peut tracer plus facilement encore cette ellipse. En effet : les deux demi-diamètres OP — OQ parallèles à OX et à OY seront égaux à R. — Ce seront des diamètres conjugués, comme étant les projections de deux diamètres à angle droit du cercle, ce qui permettra de tracer l'ellipse.

318. Rapporteur isométrique.

Ce rapporteur, que nous n'avons pas reproduit ici, mais qu'il est facile d'imaginer, se compose d'une série de circonférences isométriques, concentriques et équidistantes. En réalité, il est donc formé d'ellipses semblables. On s'en sert en plaçant le petit axe des ellipses parallèle à la bissectrice de la face dans laquelle on opère.

Il est gradué angulairement, comme un rapporteur, à l'aide du rabattement d'une des circonférences, et permet, soit de construire des angles donnés, soit de porter une lon-

Fig. 423
Arènes d'Arles.



gueur donnée sur une ligne parallèle ou non aux axes, soit de mesurer directement une longueur qui, dans un des plans isométriques, ne serait pas parallèle à l'un des axes. Nous n'insistons pas sur l'usage de cet instrument qui est peu répandu, en France du moins.

Pour terminer, nous reproduisons (fig. 423), avec autorisation de l'auteur, comme exemple de l'emploi de la perspective axonométrique, une des figures du bel ouvrage de M. **Choisy**, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur *l'Art de bâtir chez les Romains*.

M. Choisy recommande de prendre les trois axes OX, OY et OZ, de manière à se rapprocher, autant que possible, de la projection isométrique; cependant, dans la plupart des cas, l'effet produit est meilleur lorsque les trois axes ne sont pas rigoureusement inclinés à 120° les uns sur les autres. Il y a toujours quelques tâtonnements à faire dans le choix des axes pour que la figure se présente favorablement.

Quant aux échelles, il recommande de les prendre égales entre elles, même si la perspective est axonométrique et non isométrique.

Le lecteur fera bien de s'exercer à mettre en perspective cavalière ou axonométrique des objets simples, dont il aura fait, au préalable, le relevé géométral (1).

(1) M. **Choisy** donne cette figure comme exemple, aux arènes d'Arles, de la construction d'un berceau par anneaux indépendants. On remarquera que les joints, dans deux assises consécutives, sont dans le prolongement les uns des autres, ce qui est contraire aux usages acceptés aujourd'hui.

CHAPITRE XIV

INSTRUMENTS PERSPECTEURS

§ I. — Perspecteurs physiques

319. La Vitre Italienne.

De tout temps les peintres et les dessinateurs ont recherché les procédés, soit physiques, soit mécaniques, qui permettent d'obtenir rapidement la mise en place de leur sujet ; l'économie de temps étant le but à atteindre, c'est le talent du dessinateur qui doit suppléer au manque de précision géométrique des résultats obtenus.

Le plus simple de ces procédés est celui qui consiste à tracer avec un crayon approprié l'image de l'objet sur une glace transparente verticale, en immobilisant l'œil par un oculaire percé d'un trou très petit ; il est connu sous le nom de *Vitre Italienne*, ou vitre de **Léonard de Vinci**, mais il n'est guère employé à cause de la fatigue qu'il procure à l'opérateur.

320. La chambre noire.

La chambre noire est un appareil de forme conique dans lequel les rayons lumineux, après avoir été réfléchis sur un miroir incliné à 45° placé à la partie supérieure, traversent une lentille convergente et viennent former l'image redressée de l'objet sur le papier du dessinateur.

Le miroir et la lentille sont généralement remplacés par un prisme lenticulaire argenté. Mais cet appareil est encombrant et oblige l'opérateur à s'enfermer dans un rideau noir, l'image réelle fournie sur le papier n'étant visible que dans l'obscurité.

321. Chambre claire de Wollaston.

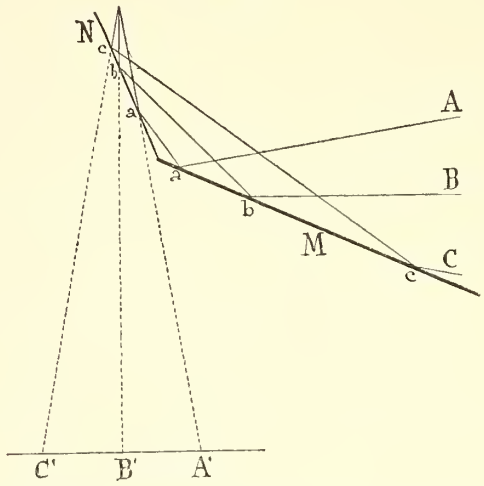
(*a*) *Description.* — C'est pour remédier à ces divers inconvénients que le physicien **Wollaston** imagina la *chambre claire* qu'il fit connaître en 1804.

Il se servit, au début, de deux glaces inclinées convenablement l'une sur l'autre (fig. 424) ; la première M est étamée, la seconde N est transparente (voir un traité de Physique).

Les rayons lumineux, réfléchis une première fois par la glace étamée M l'étaient une seconde fois par la glace transparente N et arrivaient à l'œil, redressés. Cette dernière glace laissait voir, par réflexion, l'image de l'objet et, par transparence, le crayon qui doit en suivre les contours.

Mais avec cette combinaison, chaque miroir présentant deux faces parallèles, il en résulte quatre images ; la pre-

Fig. 424



mière, celle qui provient de la réflexion sur la face étamée M est très lumineuse ; les trois autres sont atténuées. Pour faire

Fig. 425

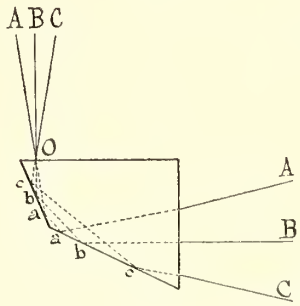
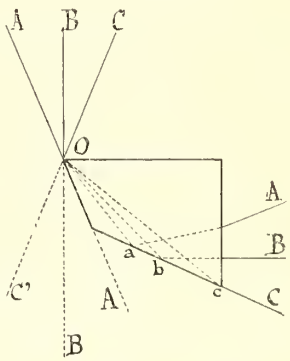


Fig. 426



disparaître celles-ci qui sont gênantes, Wollaston imagina le prisme à quatre faces (fig. 425) dans lequel il n'est plus possible de voir le crayon par transparence, car il se produit le phénomène dit de *la réflexion totale* ; mais, avec un peu d'habitude, on l'aperçoit facilement en maintenant l'œil en O

(fig. 426) sur l'arête du prisme. La moitié supérieure de la pupille reçoit l'image de l'objet réfléchie par le prisme et la moitié inférieure regarde directement le crayon.

(*b*) *Marche des rayons lumineux.* — La figure 425 montre la marche des rayons lumineux et leurs deux réflexions.

Dans la figure 426, où l'œil est placé immédiatement au-dessus de l'arête du prisme, l'une des réflexions se produit trop près de l'arête pour qu'il soit possible au dessin de la représenter, mais elle n'en existe pas moins.

Ce prisme permet d'embrasser un champ angulaire de 45° environ.

La réfraction à l'entrée et à la sortie augmente un peu ce champ-de-vue en C, mais du côté de A cet avantage n'est pas utilisable, car le crayon se trouverait alors masqué par le prisme.

(*c*) *Parallaxe.* — Le dessin se fait sur une table horizontale, mais à la condition (de même que dans la Vitre Italienne) que l'œil reste absolument immobile. Le moindre déplacement de ce dernier déplace également l'image virtuelle sur le papier comme sur la vitre, et cela, *toutes les fois que l'objet à reproduire ne se trouve pas à égale distance de l'œil que la surface sur laquelle on dessine.* Ce phénomène est connu sous le nom de **parallaxe.** (Voir plus loin fig. 431.)

Ces différences de distance (de l'objet et du crayon) à l'œil, obligent en outre ce dernier à un effort d'accommodation très fatigant.

Pour réduire la parallaxe, on avait cherché à immobiliser l'œil en l'obligeant à se placer au-dessus d'une fente ou d'un œilleton; mais, comme cette fente ou cet œilleton, pour ne pas obscurcir l'image de l'objet, doivent contenir au moins le diamètre de la pupille, la parallaxe était encore gênante. On a pensé alors à la combattre par l'emploi d'une lentille ramenant l'image virtuelle de l'objet dans le plan du papier.

322. Chambres claires sans parallaxe.

(*a*) *Chambre claire du colonel Laussedat.* — M. le colonel **Laussedat** a remplacé avantageusement cette lentille par l'emploi d'un prisme rendu concave dans sa partie supérieure (chambre claire hémi-périscopique) qui permet de dessiner d'après nature, sans parallaxe.

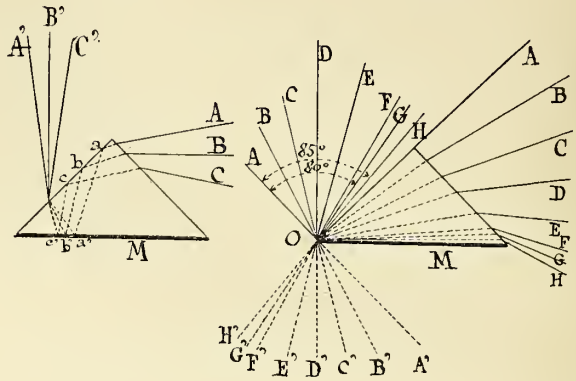
(*b*) *Chambre claire de M. Benoist, dite "Universelle".* — Une nouvelle chambre claire dite *Chambre claire Universelle*, nous paraît devoir être signalée.

Dans cet instrument, le prisme de Wollaston est remplacé par un prisme triangulaire dont la section droite est un triangle rectangle isocèle (fig. 427). La face M, correspondant à l'hypoténuse, est argentée. (Sur les figures qui suivent la face argentée est représentée par un trait de force.)

En plaçant cette face horizontalement nous remarquons que les rayons lumineux subissent deux réflexions. La première en *a*, *b*, ou *c* est une réflexion totale ; la seconde en *a'*, *b'* ou *c'* se fait sur la face argentée. Finalement les rayons qui entrent en A, B, C, en ressortent en A', B', C' après avoir été détournés de 90° comme dans le prisme de Wollaston.

En plaçant l'œil en O (fig. 428) juste au-dessus de l'arête du prisme, le champ-de-vue qui, théoriquement, devrait

Fig. 427 Fig. 428

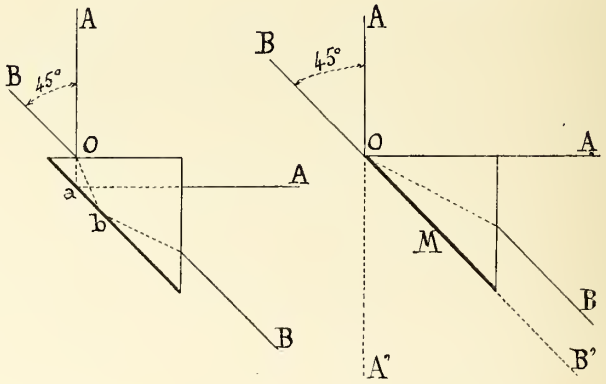


être de 90° n'est effectivement utilisable que jusqu'à 80 et même 85°.

A cause de ses deux réflexions ce prisme peut, comme celui de Wollaston, tourner autour de son axe horizontal sans déplacer, ni déformer l'image virtuelle, ce qui permet d'augmenter indéfiniment le champ-de-vue.

Ce même prisme, placé dans la position de la figure 429 (hypoténuse inclinée à 45°), ne donne qu'une seule réflexion sur la face argentée, c'est-à-dire l'image renversée de l'objet,

Fig. 429 Fig. 430



ce qui est important pour le cas où le dessin est destiné à être imprimé ou décalqué. Le champ-de-vue est alors de 45°.

La figure 430 indique, pour cette position, la marche des rayons lumineux lorsque l'œil est placé en O au-dessus de l'arête du prisme.

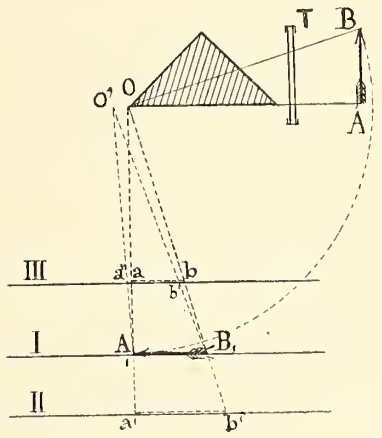
Dans ce cas, qui est celui d'une seule réflexion, le prisme doit être convenablement orienté car il ne jouit plus de la propriété de pouvoir tourner autour de son axe pour en augmenter le champ-de-vue ; en le faisant tourner, l'image virtuelle se déplacerait en même temps que lui et se déformerait puisqu'elle décrirait un angle deux fois plus grand.

323. Emploi de la chambre claire universelle.

(*a*) *L'image virtuelle.* — Il est facile de se rendre compte (fig. 431) que la chambre claire de M. Benoist, comme d'ailleurs celle de Wollaston, donne une image virtuelle A_1B_1 de l'objet, située à une distance OA_1 du point de vue O, qui est la même que celle OA de l'objet à ce même angle O. Si donc on place la feuille de dessin en I à cette distance, on obtient une reproduction *grandeur naturelle.* Si la feuille de papier est placée plus loin en II il y a *amplification* ; si elle est plus près, en III, il y a *réduction.*

Inversement, si, laissant la feuille de papier en place, on rapproche l'objet qui pose, le dessin le reproduira amplifié; tandis que, si on l'éloigne, il le fera voir réduit.

Fig. 431



(*b*) *Parallaxe.* — Si l'œil quitte la position O pour en prendre une autre O', même très voisine, comme, en définitive, les rayons qu'il reçoit semblent émaner de l'image virtuelle A_1B_1, ils auront la direction A_1O' et sur le tableau III, répondant à une réduction, le point A_1 y sera vu en a'' au lieu de l'être en a. L'écart aa'' est ce que nous avons nommé *la parallaxe.* Elle est nulle pour le cas où le tableau occupe la position I qui répond à la grandeur naturelle et qui passe par l'image virtuelle A_1.

(*c*) *Lentilles anaparallactiques.* — C'est pourquoi il faut faire en sorte, quelle que soit la position de l'objet A (près de O si l'on veut amplifier, ou loin de O si on veut réduire), que son image virtuelle A_1 se fasse sur le tableau c'est-à-dire sur le papier même sur lequel on dessine.

M. Benoist arrive à ce résultat en joignant à sa chambre claire un jeu de six lentilles divergentes et de six lentilles convergentes dont les distances focales sont convenablement échelonnées.

Ces lentilles se placent en T dans une rainure située en avant du prisme.

Pour les agrandissements, l'objet A doit être rapproché du point de vue O et son image virtuelle qui est toujours à la même distance que lui, doit être reportée plus loin pour arriver dans le plan du papier; par conséquent la lentille doit être convergente. Pour les réductions c'est le contraire, il faut employer les lentilles divergentes.

(*d*) *Avantages.* — 1° L'image virtuelle étant toujours, grâce aux lentilles, ramenée dans le plan du papier évite ainsi toute parallaxe, ce qui permet d'obtenir une grande précision.

2° L'œil du dessinateur n'ayant plus à faire varier son *accommodation,* puisque l'image se fait toujours à la même distance du point de vue, échappe ainsi à une grande fatigue.

3° N'ayant plus à craindre de parallaxe l'œil peut subir de légers déplacements. Par conséquent, il peut, en recevant une plus ou moins grande partie du pinceau de rayons lumineux qui vient du crayon, comparativement à celui qui vient de l'objet, équilibrer les éclairements de l'un et de l'autre et distinguer l'objet qui pose, aussi nettement que la pointe qui dessine. Il n'est donc plus nécessaire, comme pour les anciennes chambres claires, d'avoir des verres *fumés* de différente intensité, pour atténuer l'éclat apparent, soit de l'objet, soit du papier.

(1) La chambre claire universelle de M. Benoist est en vente à la librairie des Arts du Dessin et de la Construction.

§ II. — Perspecteurs mécaniques

Les méthodes et les appareils que nous allons décrire ont pour but soit de simplifier les tracés graphiques soit même de supprimer complètement les constructions et de fournir immédiatement par le tracé d'un crayon, actionné mécaniquement, l'image perspective d'une figure de l'espace dont on possède le plan et l'élévation.

Les procédés de M. **de Arrigunaga** (1) rentrent dans la première de ces catégories et les appareils dont il sera question ensuite se placent dans la seconde.

(1) Ingénieur du gouvernement mexicain.

Nous nous contenterons de décrire le principe de ces appareils perspecteurs et nous laisserons aux constructeurs compétents le soin de les réaliser mécaniquement.

324. Méthodes et appareils de M. de Arrigunaga.

(*a*) *Coordonnées.* — Pour définir, dans l'espace, la position d'un point M, on prend comme axes de coordonnées (fig. 432) trois droites OX, OY, OZ passant par l'œil, savoir :

1° La perpendiculaire principale OPY (axe des profon-

deurs Y) ; 2° l'horizontale de front OX (axe des largeurs X) et 3° la verticale OZ (axe des hauteurs Z).

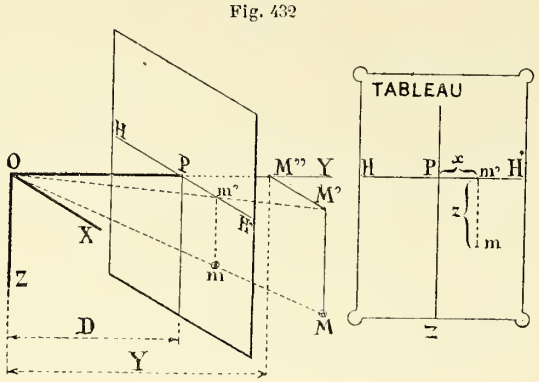
Le point M aura comme perspective le point m et si nous prenons sur le tableau comme axes de coordonnées pour la perspective :

1° La ligne d'horizon PH (pour les largeurs perspectives x) ;

2° La verticale principale PZ (pour les hauteurs perspectives z),

le point perspectif m sera déterminé, si nous connaissons sa largeur $Pm' = x$, et sa hauteur $m'm = z$.

Fig. 432



Or x et z sur le tableau seront faciles à exprimer en fonction des trois coordonnées de l'espace XYZ et de la distance D de l'œil au tableau ; on a en effet :

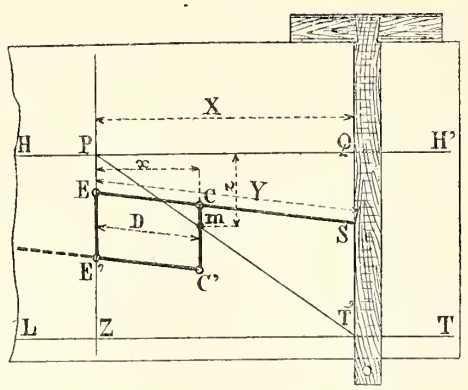
$$(1) \qquad \frac{x}{X} = \frac{D}{Y} \qquad\qquad (2) \qquad \frac{z}{Z} = \frac{D}{Y}.$$

On voit que D : Y est une sorte de coefficient de proportionnalité qui, pour un même point, ou pour des points situés dans un même plan de front (Y constant) fait connaître x et z du tableau en fonction de X et de Z de l'espace.

En réalité ce rapport D : Y détermine ce que nous avons appelé l'échelle du plan de front du point M.

(*b*) *Perspecteur.* — Le perspecteur de M. de Arrigunaga comprend un parallélogramme, un té et un fil (fig. 433).

Fig. 433.



Le parallélogramme est articulé ; deux de ses points EE' se placent où l'on veut sur la verticale principale ; la tige EC est graduée ; son zéro est en E et l'articulation C, pour une même épure, est placée à un écartement EC = D (distance principale), réglé une fois pour toutes. Sur cette tige on prend le point S situé à la distance ES = Y (profondeur du point de l'espace).

Le té est placé dans la position verticale en QT' de manière à intercepter sur l'horizon une longueur PQ = X (largeur du point, dans l'espace).

Dès lors en faisant pivoter le parallélogramme de manière que le point S vienne toucher la tige du té, la branche verticale CC' du parallélogramme donnera l'abscisse x du point m, car on aura évidemment : $x : X = D : Y$, ce qui est l'équation (1).

Quant au fil, il est fixé au point principal P : on le tend et on le fait passer par le point T' où le té recoupe la ligne de terre située à la hauteur Z, au-dessous (ou au-dessus) de l'horizon, et son recoupement avec CC' donne en m la perspective du point M, car on a évidemment pour ce point m : $z : Z = x : X = D : Y$, ce qui est l'équation (2).

Généralement Z restera constant, car on opérera pour des points situés dans un même géométral, et, pour ce géométral, Z sera la hauteur de l'horizon.

(*c*) *Avantages.* — En résumé, avec l'appareil de M. **de Arrigunaga** il suffit, en plus de la distance principale D, de connaître numériquement, les trois coordonnées du point M, savoir :

X, largeur (on la porte sur la ligne d'horizon),

Y, profondeur (on la porte sur le parallélogramme),

et Z, hauteur (on la porte sur le té),

pour déterminer sa perspective m, sans tracer aucune ligne sur le dessin.

M. de **Arrigunaga** a imaginé un procédé permettant, en outre, avec son appareil, d'amplifier le tableau et de résoudre divers autres problèmes perspectifs. Nous renverrons le lecteur à la brochure qu'il a publiée sur ce sujet, étant élève à l'Ecole des Ponts et Chaussées. (Bernard, Editeur, à Paris.)

325. Perspecteur de l'Ingénieur Fiorini.

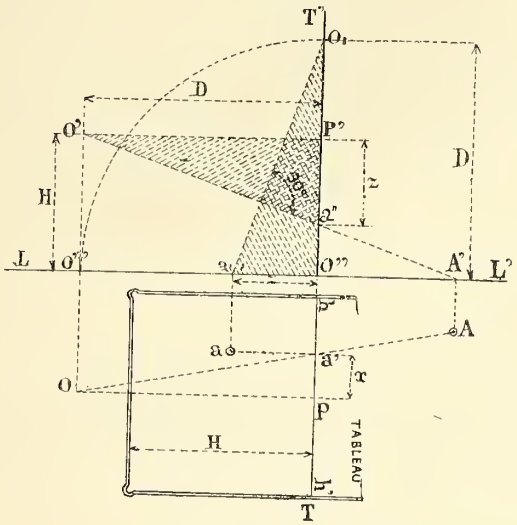
(*a*) *Principe géométrique.* — Soit, donnés en projections horizontale et verticale, comme on le fait en géométrie descriptive (fig. 434), OO' le point de vue ; TT' le tableau supposé perpendiculaire à la ligne de terre LL'.

On connaît en outre D, distance principale, et H, hauteur de l'horizon OO' ou O''P'. Et soit enfin A, A' un point du géométral à mettre en perspective.

A cet effet : nous menons le rayon visuel OA, O'A' et nous prenons en $a'a''$ son intersection avec le tableau, ce qui donne sur l'élévation, en $P'a''$, la hauteur z du point perspectif au-dessous de l'horizon et en $a'P$, sur le plan horizontal, sa largeur x. Il faut maintenant faire le dessin du tableau en vraie grandeur.

A cet effet, avec M. **Fiorini** : 1° on porte sur l'élévation de O″ en O_1, la distance principale D ; 2° du point O_1 ainsi obtenu, on abaisse O_1a_1 perpendiculaire sur le rayon visuel ; 3° on prend son intersection a_1 avec la ligne de terre, ce qui redonne en $O''a_1$, la hauteur z du point perspectif car les

Fig. 434.



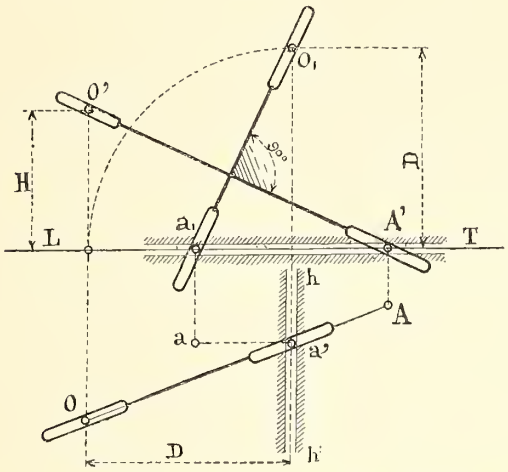
deux triangles hachurés O′P′a″ et O_1a_1O'' sont rectangles et égaux entre eux ; 4° on reporte la longueur a_1O de a' en a sur une perpendiculaire à la base du tableau.

Par conséquent a est la perspective de A en prenant la ligne TP comme ligne d'horizon.

(*b*) *Principe mécanique.* — M. **Fiorini** réalise mécaniquement cette construction à l'aide d'un perspecteur dont la figure 435 donne l'indication schématique :

1° On a trois points fixes savoir : O que nous nommerons l'*œil en plan* ; O′ sa projection verticale, que nous nommerons l'*œil en élévation* ; et O_1 que nous nommerons l'*œil relevé*.

Fig. 435



2° On a deux *glissières* savoir : en LT, la *ligne de terre* du plan et de l'élévation et en *hh′* la base du tableau.

3° On a une règle à coulisse OA, qui peut coulisser sur le point O et sur un bouton a' glissant dans la glissière *hh′* ;

4° On a une double *coulisse-équerre* O′A′, a_1O_1.

5° Une disposition spéciale permet d'obtenir un point a, qui soit à plomb du bouton glissant a_1 et à niveau du bouton glissant a'.

Si avec une *pointe sèche*, on suit, pour une succession de points tels que A, une figure géométrale, *une pointe traçante*, placée au point a dessine, à côté, la perspective de cette figure.

326. Perspecteur de M. A. Prix (1).

(*a*) *Principe géométrique.* — Soit en projection horizontale (fig. 436) : 1° en O l'œil du spectateur, et en H sa hauteur au-dessus du géométral ; 2° en XY la base du tableau et 3° en A, le point du géométral à mettre en perspective.

Menons, en plan, le rayon visuel OA, prenons en a' son intersection avec la base du tableau, et calculons la hauteur z du point où le rayon visuel de l'espace rencontre le tableau ; cela donnera la hauteur de la perspective de A au-dessus de la base du tableau.

Je dis que nous aurons cette hauteur z en $a'a''$ c'est-à-dire, en menant OO′ parallèle à XY, 2° en prenant OO′ = H ;

Fig. 436

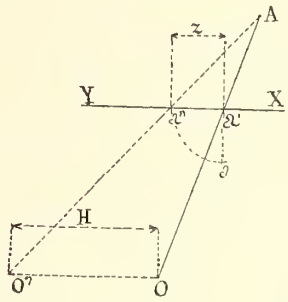
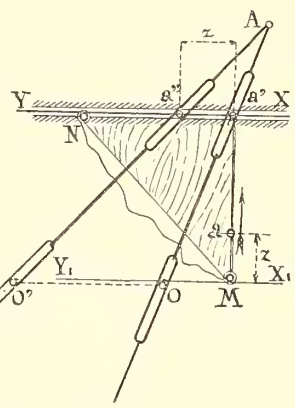


Fig. 437



3° en joignant O′A et 4° en prenant son intersection a'' avec XY.

En effet, dans l'espace on a :

$$\frac{z}{H} = \frac{Aa'}{AO}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Par conséquent, portons sur une perpendiculaire à la base XY du tableau la longueur $a'a = a'a''$ et nous aurons en a le rabattement de la perspective de A c'est-à-dire, en définitive, le tableau en vraie grandeur.

(*b*) *Principe mécanique* (fig. 437). — 1° On a deux pivots fixes, savoir : O, l'*œil en plan* et, à une distance H comptée parallèlement au tableau, O′ l'*œil en élévation*.

(1) Brevet allemand n° 27646, du 12 octobre 1883.

2° On a une glissière en XY sur la base du tableau et dans cette glissière deux boutons glissants a' et a''.

3° On a une *équerre* à fil MNa'.

Les trois sommets MN et a' roulent sur des rainures qui lui assurent une translation parallèle à XY; un fil sans fin, toujours tendu, peut se déplacer en Ma'N sur son périmètre et, par conséquent il garde une longueur constante. Un point a'' de ce fil est attaché au bouton a'' et le suit dans ses déplacements ; un autre point a, porte un crayon traceur.

4° On a deux coulisses oa' et $o'a''$ dont la rencontre A porte une pointe sèche destinée à suivre les contours de la figure géométrale à mettre en perspective. Dès lors, il est évident, que si on suit les points tels que A avec la pointe sèche, le point a sera toujours sur une perpendiculaire à XY et à plomb de a', et que, la longueur du fil restant constante, il se déplacera dans le sens de la flèche de longueurs égales à celles dont augmenteront les distances entre a' et a''; il décrira donc, par rapport à une ligne X_1Y_1 prise comme base du tableau rabattu, la perspective demandée.

327. Perspecteur de M. H. Ritter (1).

(*a*) *Principe géométrique.* — Soit (fig. 438), comme au numéro précédent, O la projection horizontale de l'œil ; XY la base du tableau et A, situé sur le géométral, en arrière de XY, un point à mettre en perspective.

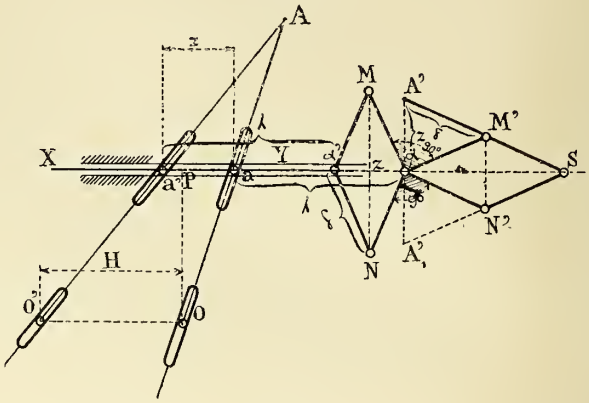
On mène le rayon visuel AO ; on prend en a son intersection avec XY, et tout revient à calculer la hauteur z de ce point perspectif. Si on fait en O', à une distance H, égale à la hauteur d'horizon, le rabattement de l'œil et si on joint AO', le segment aa' intercepté ainsi sur XY donne la hauteur inconnue z. On le démontre comme au numéro précédent. Il s'agit maintenant de transformer cette largeur z en une hauteur comptée perpendiculairement à YX et menée par a, ou par un autre point α, par exemple, qui serait, sur XY à une distance constante $a\alpha$ du point mobile a.

(*b*) *Double losange dit « en pattes de grenouille ».* — **M. Ritter** y arrive à l'aide d'un double losange articulé MNα' — αM'N'S qu'il nomme « *Pattes de grenouille* ». Les sommets α' et α du premier losange sont rattachés par des tiges de longueurs λ, égales entre elles et constantes, le premier au point a' et le second au point a. (Sur le croquis ces tiges sont figurées par des accolades.) De plus, une glissière règne sur la base XY du tableau ainsi que sur son prolongement et les quatre points a', a, α' et α y sont représentés par des pivots glissants ; le sommet extrême S du second losange est un pivot fixe. Par conséquent la longueur $\alpha'\alpha$ est toujours égale à la longueur $a'a$, c'est-à-dire égale à la hauteur z.

Le second losange a ses côtés respectivement égaux et perpendiculaires à ceux du premier.

Ces deux losanges sont donc toujours égaux entre eux et, dans toutes les positions, la diagonale verticale M'N' du second losange est égale à la diagonale horizontale $\alpha'\alpha$ du premier, c'est-à-dire à z, tandis que la demi-diagonale est égale à $1/2\ z$.

Fig. 438



(*c*) *Pointes traçantes.* — Dès lors, si nous prolongeons le côté SM' du second losange d'une longueur M'A' égale à la sienne δ on voit :

1° Que le point A', ainsi obtenu sera toujours à plomb du point α, lequel suit le point a dans tous ses mouvements sur XY.

2° Que αA' sera toujours égal au double de la moitié de M'N' c'est-à-dire égal à z, et

3° Que, par conséquent, si nous plaçons en A' une pointe traçante, elle dessinera la perspective demandée.

Nota. — Le point A'_1 symétrique de A' dessinerait, en dessous, la perspective symétrique.

(*d*) *Principe mécanique.* — 1° O,O' et S sont trois *pivots fixes* ; 2° sur XY et sur son prolongement est une *glissière* dans laquelle peuvent se mouvoir les quatre *pivots glissants* a', a, α' et α, rattachés entre eux à des distances fixes et égales entre elles, savoir :

α' avec a' et α avec a,

3° Les lignes O'A et OA sont des *règles à coulisse* pouvant coulisser sur les quatre pivots a, a', o et o'. 4° En A est une pointe sèche destinée à suivre la figure géométrale, tandis que A' est une pointe traçante qui dessine la perspective demandée.

328. Perspecteur bipolaire de M. J. J. Pillet. (Disposition divergente.)

(*a*) *Principe.* — L'appareil que nous proposons réaliserait mécaniquement, en la généralisant, la méthode perspective dite : *du double point de concours*. En voici le principe :

Tout point M du géométral (fig. 439) peut être défini par l'intersection de deux droites MI et MI' issues, la première du pôle I et la seconde d'un autre pôle I'. Mettons, en i et en i', ces pôles en perspective, et obtenons les perspectives a et a' de deux points A et A' convenablement choisis sur les *rayons polaires géométraux* MI et MI' ; les droites ai et

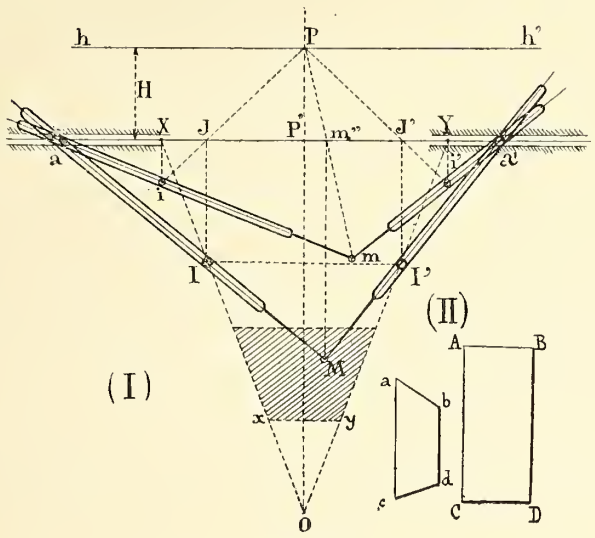
(1) Brevet allemand du 13 octobre 1883, n° 29002.

$a'i'$ seront les perspectives des droites AI et A'I'; par conséquent, la rencontre des *rayons polaires perspectifs* ai et $a'i'$ donnera en m la perspective du point M.

Nota. — Les points A et A' seront les points où les rayons géométraux rencontreront la base du tableau, car ils seront à eux-mêmes leurs propres perspectives.

(*b*) *Réalisation géométrique* (fig. 439). — Soit, en géométral, XOY l'angle optique, que l'on choisira assez ouvert. Nous prenons en I et I', de préférence sur les côtés de l'an-

Fig. 439



gle optique, et symétriquement placés, les deux *pôles géométraux*. Cherchons leurs perspectives, c'est-à-dire les *pôles perspectifs* i et i'. Raisonnons pour les pôles de gauche I et i.

Le rayon visuel de I étant OIX, le point i est sur la verticale Xi. D'autre part, soit hh' la ligne d'horizon située à la hauteur connue d'horizon (ou H), au-dessus de XY; le point principal est en P sur la perpendiculaire OP à XY et, généralement P sera au milieu de hh'. Si, du pôle géométral I je mène la principale IJ sa perspective sera PJ et la rencontre de cette dernière droite avec la verticale Xi donnera en i le pôle perspectif. Même construction pour le second pôle I' et pour sa perspective i'.

Remarque. — La hauteur Xi est à la hauteur d'horizon PP' = H comme IX est à IO : cela résulte des triangles semblables de la figure, et permet de trouver, sans faire la construction précédente, les pôles perspectifs.

Ainsi, sur le croquis, le pôle géométral I partage le côté OX de l'angle optique en deux segments XI et IO qui sont entre eux dans le rapport de 1 à 2, par conséquent, la hauteur Xi du pôle perspectif est égale à la moitié de la hauteur d'horizon.

(*c*) *Perspective d'un point* M *du géométral.* — 1° On mène les rayons polaires géométraux MI et MI' et on les prolonge en a et en a' jusqu'à la base XY du tableau.

2° On mène les rayons polaires perspectifs ai et $a'i'$ et leur rencontre donne en m la perspective de M.

(*d*) *Réalisation mécanique.* — 1° Aux pôles I, I', i et i' sont quatre *pivots fixes*. Les pôles géométraux I et I' seront fixés, une fois pour toutes, sur la planche à dessin, mais les autres seront placés sur les verticales X et Y à des distances qu'il faudra déterminer chaque fois, comme il vient d'être indiqué, c'est-à-dire en considérant la hauteur d'horizon.

2° En Xa et en Ya', sur les prolongements de gauche et de droite de la base XY du tableau, seront des *glissières* suffisamment longues, et dans ces glissières des *pivots glissants* a et a'.

3° On aura deux paires de *règles à coulisse*, savoir : MIa et MI'a' pour le géométral, avec *pointe sèche* placée en M à leur croisement; et mia, $mi'a'$ pour la perspective, avec *pointe traçante* placée en m à leur croisement.

En suivant la figure géométrale avec la pointe sèche M, la pointe traçante m dessinera la perspective de cette figure.

(*e*) *Remarques diverses.* — Le perspecteur bipolaire, sous la forme que nous venons d'indiquer, convient surtout pour obtenir un grand tableau avec un petit géométral; nous savons que c'est une condition qui est très souvent imposée.

Ainsi (fig. 439), en supposant que l'espace occupé par le géométral soit le trapèze hachuré, on prendrait généralement le *petit tableau* en xy, en avant de cet espace. La perspective que nous tracerons sera celle que nous eussions obtenue sur *un grand tableau* XY. Elle y est donc amplifiée dans le rapport de xy à XY, environ quatre fois.

329. Perspecteur bipolaire. — Disposition convergente.

(*a*) *Installation de l'appareil* (fig. 440). — Si, disposant d'un géométral à grande échelle M, on ne voulait pas amplifier le tableau, l'appareil serait disposé comme l'indique la figure 440, qui le montre installé sur une planche à dessin.

I et I' placés sur le petit côté de la planche, et à égale distance de l'axe, sont les pôles géométraux.

XY placées à peu près au tiers de la hauteur de la planche est la base du tableau ; on y placera la glissière.

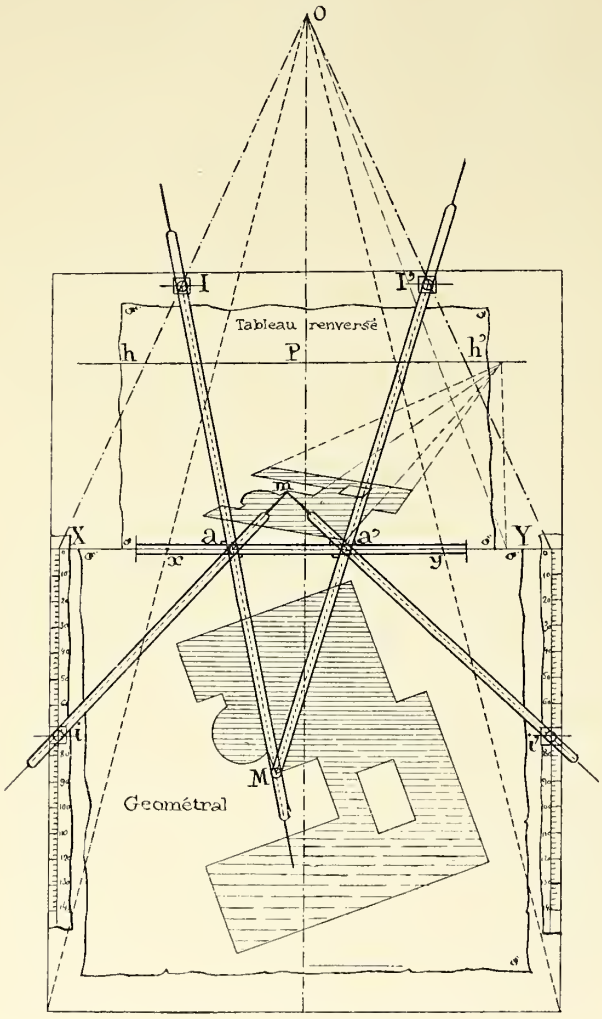
i et i', placés sur le grand côté de la planche, sont les pôles perspectifs; et si la largeur II' est égale à la moitié de la largeur ii', la hauteur Xi, des pôles perspectifs, sera prise égale à la hauteur d'horizon, ce qui simplifiera la mise en place de l'appareil.

La partie inférieure M est réservée au géométral et l'autre l'est au tableau perspectif.

(*b*) *Fonctionnement.* — Soit M du géométral, à mettre en perspective : Les coulisses géométrales prennent les positions MI et MI'; les chariots à pivots se placent sur la glis-

sière en a et a' ; les coulisses perspectives prennent, d'elles-mêmes, les positions ia et $i'a'$ et la pointe traçante se pose en m, perspective de M.

Fig. 440



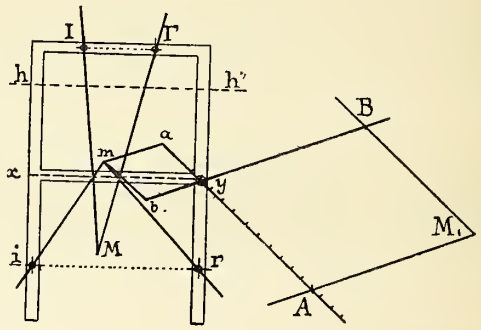
(c) *Avenir possible des appareils perspecteurs.* — Tous ces appareils sont intéressants ; néanmoins, sauf la chambre claire, nous ne les croyons pas appelés à rendre de très grands services. Cependant, si l'on considère qu'ils sont *réciproques*, ce qui veut dire qu'en intervertissant les pointes et qu'en suivant la perspective m avec une pointe sèche, une pointe traçante mise en M redessinera le géométral, on conçoit qu'ils puissent, peut-être, être utilisables dans les relevés topographiques exécutés à l'aide de la photographie.

Ils pourraient également rendre service dans la perspective théâtrale. Nous verrons, en effet, au chapitre suivant, que telle partie de décoration théâtrale (fig. 439, II) qui, sur le tableau-esquisse du maître décorateur, apparaît encadrée dans un trapèze *abcd*, demande ensuite à être dessinée et peinte sur ce que l'on nomme un châssis ABCD, rectangulaire, lequel châssis, une fois mis en place sur le plancher de la scène devra, pour le spectateur assis au point de vue, dans la salle, produire le même effet perspectif que le trapèze, si on plaçait ce trapèze à l'endroit voulu dans le manteau d'Arlequin, avec la partie de décoration qu'il contient. — Autrement dit ABCD doit être la perspective de la perspective déjà dessinée dans *abcd* et inversement.

Par conséquent, réglons un perspecteur quel qu'il soit, chambre claire ou autre, de telle sorte que, la pointe sèche M décrivant le trapèze *abcd*, la pointe traçante, m, décrive le rectangle ABCD, et suivons avec M toute la décoration inscrite dans *abcd*, le crayon, m, dessinera de son côté toute celle qui lui correspond dans le rectangle ABCD. Nous reviendrons plus loin sur cette application des perspecteurs.

330. Pantographe amplificateur de M. G. Coquelet. — La disposition convergente ci-dessus décrite a pour avantage de permettre aux coulisses MI et mi... (*fig.* 440) de se commander facilement et de n'exiger, en xy, qu'une glissière de petite longueur. Mais la perspective que donne le point m est de dimension toujours très restreinte ; elle est renversée et, de plus, la pointe traçante m peut être gênée par l'épaisseur de la glissière xy et même par le géométral M.

Fig. 441



Pour parer à ces inconvénients **M. G. Coquelet** ajoute à l'appareil un pantographe en double losange myM_1 (*fig.* 441). Le sommet fixe y de ce double losange se place n'importe où, mais en dehors ou à la rigueur sur le bord du cadre de l'appareil ; on conseille de le choisir en y, à l'extrémité de la ligne de terre.

Les branches extérieures yA et yB sont graduées et en plaçant les boutons d'articulation B et A à des distances du sommet fixe y égales entre elles et qui soient dans un rapport déterminé, k, avec les branches intérieures ya et yb, le point M_1 trace une figure qui est symétrique, par rapport au sommet fixe y, de celle qu'aurait donnée m et qui en est une amplification dans le même rapport k.

De cette façon : 1° la perspective est redressée ; 2° elle est amplifiée ; 3° elle est tracée sur une feuille de papier indépendante de celle où est dessiné le géométral. Tous ces avantages sont très à considérer.

CHAPITRE XV

PERSPECTIVE THÉATRALE (1)

§ I. — Généralités

331. **Avertissement.** — Nous nous proposons, dans ce dernier chapitre, d'exposer, très sommairement, les principes de la perspective théâtrale et nous désirons surtout indiquer comment on peut rattacher ses procédés à ceux de la perspective linéaire que nous avons fait connaître dans tout ce qui précède. Nous n'avons pas l'ambition d'apprendre quoi que ce soit aux Maîtres décorateurs. Leur savoir et leur talent les mettent aujourd'hui à une si haute place dans le monde des artistes que cette prétention serait presque ridicule de notre part. Nous pensons seulement que certains tracés pourraient être simplifiés et surtout (v. plus loin n° 336) qu'ils pourraient, avec une certitude plus grande, peut-être, mettre d'accord la décoration proprement dite avec l'esquisse du maître. Nous serions très honoré si l'essai pouvait en être tenté dans leurs ateliers.

332. **Définitions.**

(*a*) *Scène.* — Le croquis ci-joint (*fig.* 442) fait connaître (*fig.* I) le plan et (*fig.* II) la coupe d'une salle de théâtre.

Sur le plan (*fig.* I) sont figurés, en poché noir, les murs de la scène ; les pièces de la décoration doivent se tenir à une certaine distance de ces murs et les espaces toujours libres, M, M, réservés sur le pourtour, se nomment des *corridors.*

Il y en a au niveau du plancher de la scène et aussi à différentes hauteurs, suspendus au mur comme des balcons. Le plancher de la scène (voir la coupe fig. II), est incliné. Il monte en s'éloignant de la salle de spectacle et sa pente est de quatre pour cent environ. Cette pente contribue à donner de la profondeur apparente aux décorations. Elle vient aussi en aide aux mouvements des personnages et particulièrement à ceux du personnel de la danse.

(*b*) *Point de vue.* — Le point de vue est choisi dans la salle en O (*fig.* I), O′ (*fig.* II), généralement dans l'axe de la scène et aux deux tiers environ de la profondeur de la salle, ce qui correspond ordinairement au commencement ou au milieu de la profondeur du parterre. Sa hauteur est de 1^m à $1^m,50$ environ au-dessus du point *aa′*, partie la plus avancée de la scène ; et c'est pour le spectateur qui occuperait cette place privilégiée O que la décoration est plus spécialement faite ; c'est pour lui que l'illusion perspective serait complète. Pour tout autre, elle est moins bonne et en particulier, pour ceux qui sont assis à une grande hauteur, elle est presque nulle.

(*c*) *Manteau d'Arlequin.* — Si la scène ne devait pas être occupée par des personnages et si l'on ne recherchait qu'un tableau à montrer au spectateur O, on ferait ce tableau sur une toile qui se placerait en AA, A′, dans ce que l'on nomme le *manteau d'Arlequin.*

Le manteau d'Arlequin, situé légèrement en arrière du *rideau* BB, marque en réalité le commencement de la scène. Lorsqu'un acteur se place entre lui et l'orchestre, il est dans ce que l'on nomme l'*avant-scène.*

Le manteau d'Arlequin (*fig.* III) est bordé, à gauche, à droite et en dessus, par des toiles figurant des draperies, lesquelles forment avec le plancher de la scène pris comme ligne de terre, le *cadre* du tableau que le théâtre doit figurer. Suivant l'importance du sujet on peut modifier les dimensions de ce cadre, car les deux côtés latéraux du manteau d'Arlequin sont formés par des châssis verticaux que l'on peut avancer ou reculer et son côté supérieur est constitué par une toile suspendue en l'air et que l'on peut élever et abaisser à volonté.

(*d*) *Tableau-type.* — Pour l'intelligence de ce qui va suivre il faut imaginer que, par les procédés ordinaires de la perspective linéaire, on a représenté dans le plan et dans le cadre du manteau d'Arlequin la décoration à créer. Cette représentation sera ce que nous nommerons le *tableau-type.* L'échelle de ce tableau-type est la grandeur naturelle ; ce qui veut dire qu'une ligne droite ayant un mètre de longueur qui serait située dans le plan du manteau d'Arlequin devrait être figurée sur ce tableau-type avec la même longueur de un mètre.

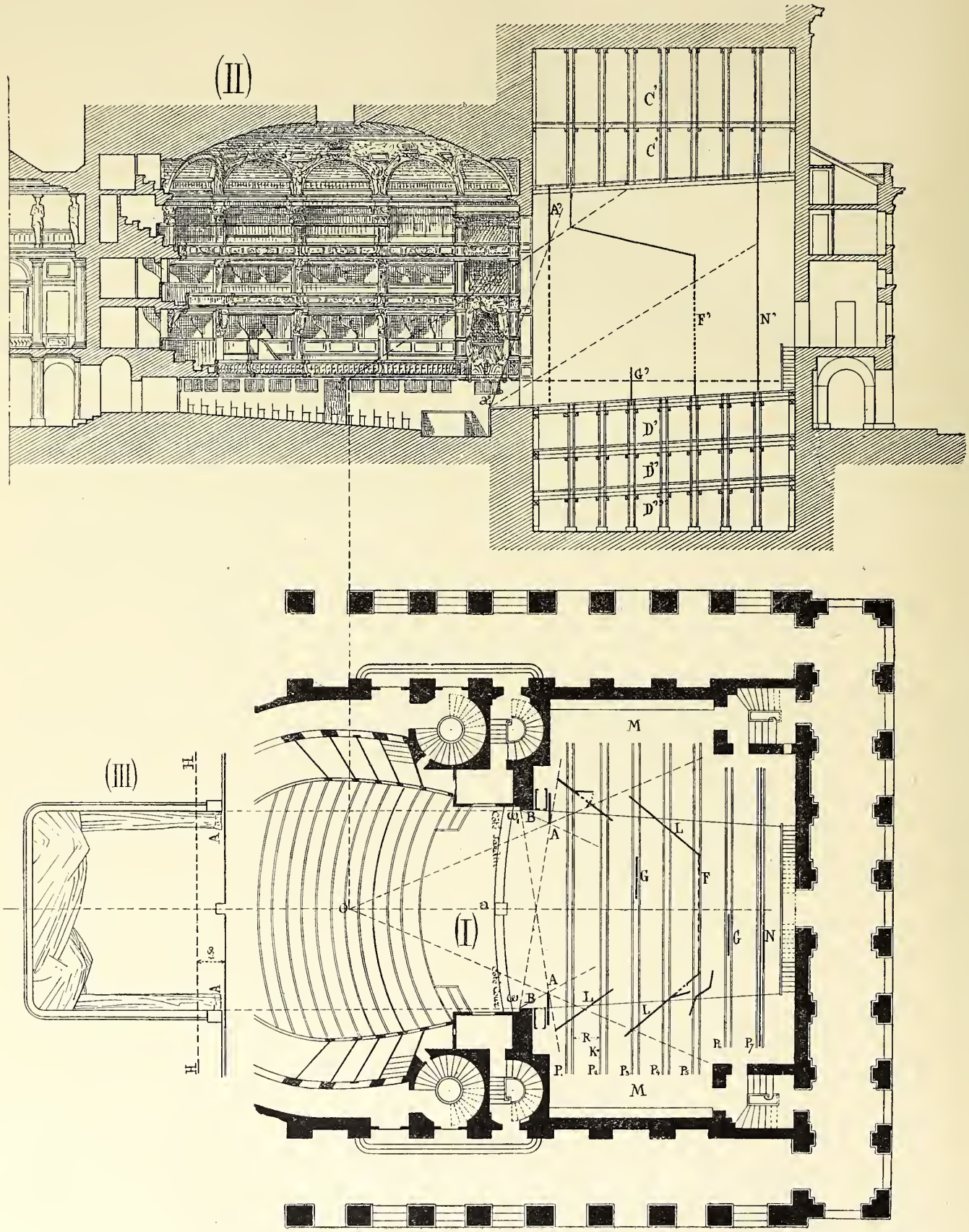
En définitive, le manteau d'arlequin définit ce que nous avons appelé jusqu'ici le *plan de front des vraies grandeurs.*

(*e*) *Maquette.* — D'ailleurs, les Maîtres décorateurs ont dans leurs ateliers les plans en relief des scènes des théâtres pour lesquels ils travaillent et, avant de faire exécuter

(1) J'ai été considérablement aidé pour la rédaction de ce Chapitre par mes anciens Élèves, aujourd'hui mes collègues en enseignement, **M. Coquelet** et **M. Guichard.**

En outre **M. Lauriol**, Maître-Décorateur du grand théâtre de Bordeaux et Professeur à l'Ecole des Beaux-Arts de cette ville ainsi que **M. Leleu**, Peintre-Décorateur à Paris, ont bien voulu me faire profiter de leur science du Théâtre et de leur longue expérience. A tous ces utiles collaborateurs j'adresse mes bien sincères remerciements. J.-J. P.

Fig. 442



en grandeur naturelle les décors qui leur sont commandés, ils en font, généralement à l'échelle de $0^m,03$ pour 1 mètre, ce que l'on nomme une *maquette*.

Les éléments du décor (châssis, fermes, etc., voir plus loin), y sont exécutés sur des cartes découpées, lesquelles sont *plantées* sur la maquette, c'est-à-dire sur cette scène en petit, exactement comme le seront plus tard, les vrais éléments du décor sur le théâtre lui-même.

(*f*) *Esquisse.* — Ce *théâtre en petit* possède, lui aussi, son manteau d'arlequin et, avant tout autre travail, le maître décorateur exécute son *esquisse,* c'est-à-dire, le *petit tableau-type* qui, étant placé dans ce manteau d'arlequin réduit, doit produire le même effet que la maquette à exécuter derrière lui. Ce *petit tableau-type* est soumis au Directeur du théâtre et c'est après l'approbation de ce dernier que l'on exécute la maquette, pièce par pièce. Quand la maquette est terminée et définitivement acceptée par le Directeur, après avoir été discutée en présence de l'auteur de la pièce et des chefs de service du théâtre, on la démonte et on en donne les éléments aux spécialités de l'atelier de décors. Les *menuisiers* exécutent les faux châssis et les praticables (v. plus loin) en amplifiant dans le rapport voulu ceux de la maquette. Les *traceurs* reportent sur les toiles coupées à la grandeur du décor les lignes principales et surtout les lignes d'architecture de la maquette. Ils s'attachent à déterminer avec la plus grande précision ce que nous nommerons plus loin les *régulateurs* et les *masses*.

Entrons à ce sujet dans quelques détails.

333. Caractéristiques de la perspective théâtrale.

(*a*) *Régulateurs* (*largeurs, profondeurs, diagonales*). — Dans tout ensemble d'architecture on trouve deux directions dominantes perpendiculaires entre elles ; ce sont les lignes de *largeur* et les lignes de *profondeur*.

Il faut y joindre les bissectrices de ces deux directions, bissectrices que les décorateurs nomment les *diagonales* parce qu'elles seraient en effet les diagonales des carrés construits sur les deux directions dominantes comme côtés. Ces diagonales servent surtout à faire des retournements d'onglet pour les moulures.

Dès lors, sur chaque élément de décoration (v. plus loin : châssis, rideaux de fond, plafonds, fermes, etc.), le traceur indique d'abord la ligne d'horizon et ensuite, aussi loin de la ligne d'horizon que le permettent les dimensions de la toile, trois fuyantes répondant respectivement à ces trois directions : ce sont ces *fuyantes extrêmes* que l'on nomme des *régulateurs*. Il y a donc le régulateur-largeur, le régulateur-profondeur (1) et le régulateur-diagonale.

Entre ces régulateurs et la ligne d'horizon, on trace ensuite des réseaux perspectifs (voir n° 155), qui permettent au peintre décorateur d'achever les détails sans détruire l'effet perspectif.

Le traceur complète son travail en dessinant les *masses* architecturales : c'est ce que nous avons appelé dans le cours de cet ouvrage, les *boîtes d'épannelage*. A ce moment les éléments des décors sont livrés aux artistes spéciaux qui achèvent les détails d'architecture et qui, par la peinture, les rendent à l'effet voulu.

Ces éléments de décoration, c'est-à-dire les *tableaux partiels* qui constitueront le décor sont placés sur la scène comme nous allons l'indiquer :

(*b*) *Plans, rues, trappes et costières.* — Le plancher de la scène (on sait qu'il est en pente), est décomposé en bandes perpendiculaires à son axe qui se nomment les *plans*, $P_1 — P_2 — P_3 \ldots$ (*fig.* I). Il y a le 1er, le 2e et jusqu'au 12e plan, pour les très grandes scènes. La profondeur de chaque plan est de $1^m,50$ à $2^m,00$ environ et chacun d'eux comprend une première bande de $1^m,20$ à $1^m,30$ de profondeur nommée *Rue* ou *Trappe* R, et une seconde bande plus étroite nommée *fausse rue*, *costière* ou *trapillon*, K. La fausse rue ou costière peut être découverte en entier par le soulèvement des trapillons, soit pour laisser monter des dessous du théâtre D′, D″, D‴ (*fig.* II) des panneaux occupant toute la largeur de la scène et nommés *Fermes*, soit pour recevoir des montants verticaux nommés *Mâts* ou *Portants*, sur lesquels on fixe les *châssis* peints de la décoration.

Les portants ou *faux châssis* traversent donc les costières ; ils sont supportés par des *chariots*, mobiles sur des rails, placés eux-mêmes sur un plancher inférieur appelé *premier dessous* D′ (*fig.* II).

Les rues servent plus spécialement à assurer l'entrée ou la sortie du personnel théâtral. C'est aussi dans les rues que se trouvent les *trappes* qui permettent de faire sortir des dessous, ou d'y faire rentrer, soit des personnages, soit des objets.

La décoration, au lieu d'être peinte sur le tableau-type du manteau d'Arlequin, est exécutée sur une série de *tableaux partiels* qui, suivant leur emplacement, reçoivent les noms suivants :

(*c*) *Fermes.* — Une ferme F, F′ est un tableau partiel soulevé des dessous ou descendu des cintres : une ferme est donc forcément de front. Elle peut occuper toute la largeur de la scène. On dit quelle est *guindée* si on l'élève du *dessous* en la faisant passer par une ligne de trapillons ouverts ; elle est *chargée* si on l'abaisse des *cintres*. Il peut y avoir des *demi-fermes*, n'occupant qu'une partie de la largeur de la scène.

(*d*) *Châssis.* — Un *châssis* est une feuille de décoration verticale que l'on met en place à bras par un déplacement latéral et en la fixant aux portants verticaux. Si le châssis est *planté* parallèlement au manteau d'Arlequin c'est un *châssis de front* GG′, autrement c'est un *châssis oblique*, L. Des charnières permettent quelquefois de rabattre ces derniers

(1) On dit encore Epaisseur au lieu de Profondeur.

sur un châssis de front, ce qui permet de les entraîner avec eux par un seul mouvement des chariots. La charnière se nomme alors la *brisure* du châssis oblique. Elle est commune à lui et au châssis de front. L'extrémité libre se nomme la *rive*.

Une fois la représentation terminée les châssis se rangent dans les corridors, comme des livres dans une bibliothèque et c'est pourquoi à cause des dimensions de la place qui est disponible, dans ces corridors, on impose au décorateur la hauteur des châssis (nous supposerons qu'elle est de 7^m, 50 pour la scène figurée ci-contre) et la largeur maxima de chacune de leurs feuilles (ici 2^m, 50). On donne aussi la hauteur de décor susceptible d'être *cachée dans les cintres* C'C' (*fig.* II). (ici 8^m,00), ou *cachée dans les dessous* (ici 7^m,00). Au grand Opéra de Paris ces hauteurs de *cache* sont considérables.

(*a*) *Découverte.* — Avec ces données, le décorateur doit composer sa décoration non seulement pour que l'effet soit bon pour le spectateur privilégié qui serait placé au point de vue O, mais encore pour qu'il soit acceptable pour des spectateurs placés à rez-de-chaussée aux endroits que l'on nomme les *points de découverte* ω, ω, et *aa'*.

Les points ω et ω_1 situés sur le côté droit et sur le côté gauche du Rideau sont les points dits : de *découverte en largeur*. Il peut se faire que pour ces points les vides existants entre les châssis laissent apercevoir les *murs* de la scène ou les *corridors*. On pare à cet inconvénient soit en faisant les châssis plus longs qu'il ne serait strictement nécessaire eu égard au point de vue O, soit en ajoutant des châssis généralement obliques nommés des *petits fonds*. Souvent ces petits fonds sont réunis à charnière comme des feuilles de paravent et disposés en prisme polygonal : on les nomme alors des *panoramas*.

Le point *a*, *a'* dit de *découverte en hauteur*, est pris immédiatement derrière la loge du souffleur. Pour ce point la hauteur limitée des châssis ou des fermes, soit guindées soit chargées, ferait apercevoir au-dessus d'elles les cintres. On corrige ces découvertes en hauteur par des toiles transversales suspendues à des *perches* horizontales et venant des cintres.

(*f*) *Eléments divers.* — Ces toiles suspendues ne servent pas seulement à détruire des découvertes ; elles contribuent aussi au décor et on a dans ce sens : les *bandes d'air* représentant l'*azur* de l'atmosphère ; les *ciels* représentant des *nuages* ; les *plafonds* représentant des frises, des soffites, c'est-à-dire des plafonds d'architecture, des retombées de voûtes, etc. On a enfin les *draperies* quand on ne peut pas cacher une découverte par un autre moyen que celui-là, lequel est un peu factice et demande à être manié avec talent. Dans certains cas on emploie des *plafonds plats*. Ce sont des toiles à peu près horizontales qui représentent de véritables plafonds d'architecture. Ces toiles sont fixées sur des cadres en bois appropriés, lesquels reposent sur les arêtes supérieures des châssis verticaux.

On nomme *Pantalons* de petite toiles ou châssis placés derrière des ouvertures telles que portes, fenêtres, arcades, d'une décoration pour représenter ce qui apparaît en arrière lorsque l'ouverture est libre.

On n'utilise pas généralement tous les plans ni toutes les costières pour y mettre les éléments d'une décoration : par exemple on n'emploiera que le 1er, le 3e, le 5e et le 6e plan. Les autres sont dits *sautés*. Le dernier plan utilisé est occupé par une toile nommée le *rideau de fond* N, N' qui est de front et qui forme le dernier tableau partiel de la décoration ; ce rideau descend des cintres.

Les lieux et les paysages qui existent réellement et qu'un acteur peut parcourir sont dits *praticables*. Une porte, un escalier, un sentier, un balcon peuvent être praticables ou simplement figurés.

Les *terrains* sont des feuilles de décoration peu élevées qui représentent le sol. On les plante comme des fermes ou des demi-fermes ; on les place les unes derrière les autres et en circulant entre elles par des passages inclinés, l'acteur semble suivre un véritable sentier.

Enfin par rapport au spectateur qui regarde la scène, la droite se nomme le *côté Cour* et la gauche se nomme le côté *Jardin*. Ces expressions sont un souvenir du théâtre du château de Versailles.

§ II. — Méthodes

334. **Esprit des Méthodes.** — Dans ce qui va suivre nous nous contenterons d'indiquer la manière d'obtenir les tableaux partiels de la maquette et principalement, sur chacun d'eux, les régulateurs de largeur, d'épaisseur, et de diagonale, ainsi que les épannelages d'architecture ; car, une fois que tout cela est déterminé et reporté ensuite en grandeur naturelle sur la décoration définitive, les peintres décorateurs spéciaux se chargent ensuite d'exécuter les détails et ils le font, en général, avec un talent tout à fait remarquable.

Nous donnerons deux méthodes que nous désignerons sous les noms de : *méthode directe* et de *méthode indirecte*.

(*a*) *Méthode directe.* — C'est celle presqu'exclusivement employée par les décorateurs ; elle consiste :

1° A dessiner à l'échelle de la maquette (0,03 p. 1^m,) et immédiatement derrière le manteau d'Arlequin le plan des bâtiments ou des objets à figurer à la place exacte que ces bâtiments ou que ces objets occuperaient s'ils existaient réellement ;

2° A donner à la même échelle les élévations ou les coupes géométrales nécessaires ;

3° A figurer sur le même dessin les châssis, les fermes, les plafonds, etc., en un mot tous les tableaux partiels sur lesquels doit se répartir la décoration ;

4° A mener ensuite par le point de vue tous les rayons visuels importants et à prendre, par les méthodes très simples de la *géométrie descriptive*, les intersections de ces rayons visuels avec les tableaux partiels ;

5° Enfin, à chercher ensuite la vraie figure de chacun de ces tableaux partiels.

(*b*) *Méthode indirecte.* — La méthode indirecte, qui nous est un peu personnelle et que nous proposons à l'essai, aux spécialistes, consiste en ce qui suit :

1° Dessiner et rendre bien complètement le *tableau-type*, celui qui prendrait place dans le manteau d'Arlequin ;

2° Figurer sur lui les rues et les costières telles quelles y apparaîtraient perspectivement sur le plancher incliné de la scène ;

3° Sur ces deux perspectives superposées savoir : la décoration d'une part et la scène de l'autre, faire la répartition des châssis, des fermes, des petits fonds, etc., et indiquer soigneusement l'emplacement de ces divers éléments sur la perspective de la scène ; comme vérification, contrôler et reporter ces emplacements sur le plan géométral de la scène ; après quoi :

4° Par des amplifications proportionnelles, pour les tableaux de front, ou par des amplifications perspectives, pour les tableaux obliques, dessiner tels qu'ils doivent être tous ces tableaux partiels.

Pour chacune de ces deux méthodes entrons dans quelques détails.

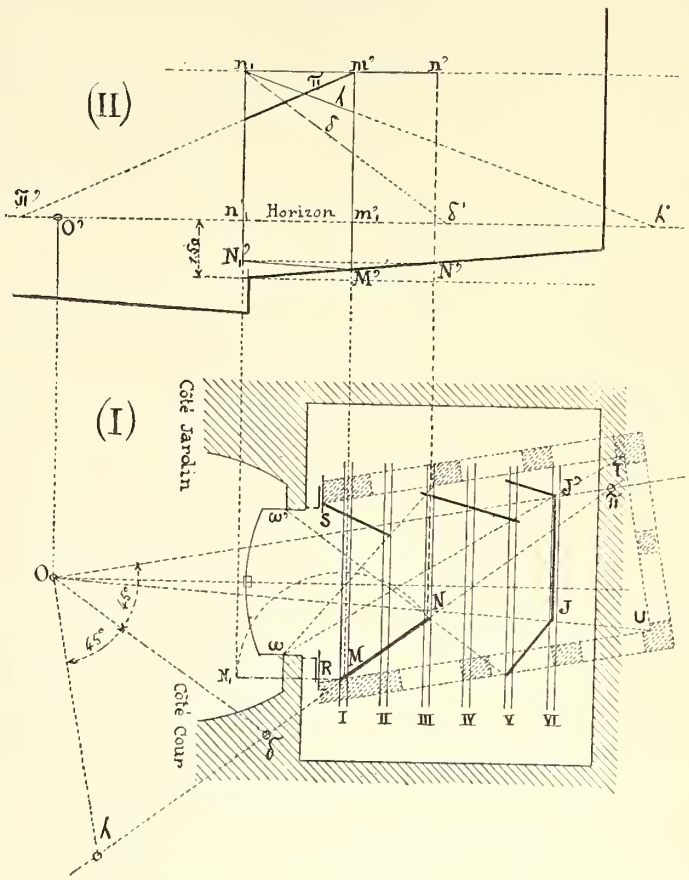
335. Méthode directe.

(*a*) *Implantation.* — Le croquis ci-contre (*fig.* 443-I) fait connaître en géométral, par un trait ponctué, le plan du motif d'architecture à réaliser en décoration théâtrale : Nous avons choisi une salle rectangulaire RSTU.

La figure II montre la coupe faite suivant l'axe du théâtre. Le point de vue est placé en OO′ à 1^m, 50 environ au-dessus de la partie avancée du plancher de la scène. L'artiste se propose de réaliser cette décoration par châssis, fermes, toiles de fond etc. Les châssis doivent, d'une part, s'appuyer sur les costières ou fausses rues I, II, III, IV, etc. et, d'autre part, ils doivent satisfaire aux points de *découverte*. Il est bien évident qu'en faisant coïncider perspectivement une brisure de châssis, telle que J, avec une brisure, telle que U, du motif à représenter, on donnera davantage l'illusion de la réalité : c'est pourquoi, en menant le rayon visuel OU, passant en U par l'angle rentrant de la salle à figurer, on fait en J, sur ce même rayon visuel, la brisure du dernier châssis avec la dernière ferme. Cette coïncidence peut se faire aussi, quoique rarement, en J′T, mais relativement au point de découverte ω.

(*b*) *Dessin des châssis.* — L'implantation de la décoration

Fig. 443



étant ainsi déterminée, il s'agit de réaliser le dessin de chaque châssis.

Nous allons indiquer cette réalisation pour un seul châssis MN (fig. I).

Les opérations à faire entraîneront les recherches suivantes :

I. — Projection verticale du châssis.

II. — Vraie grandeur du châssis et par conséquent tracé de son *patin* (1).

III. — Tracé, sur le châssis, des *régulateurs* π, λ et δ de profondeurs, de largeurs et de diagonales.

La figure II montre en M′N′*m′n′* la projection verticale du châssis et en $M'N'_1m'n'_1$ sa vraie grandeur obtenue par une mise de front (voir le plan fig. I et le rabattement de MN en MN_1.

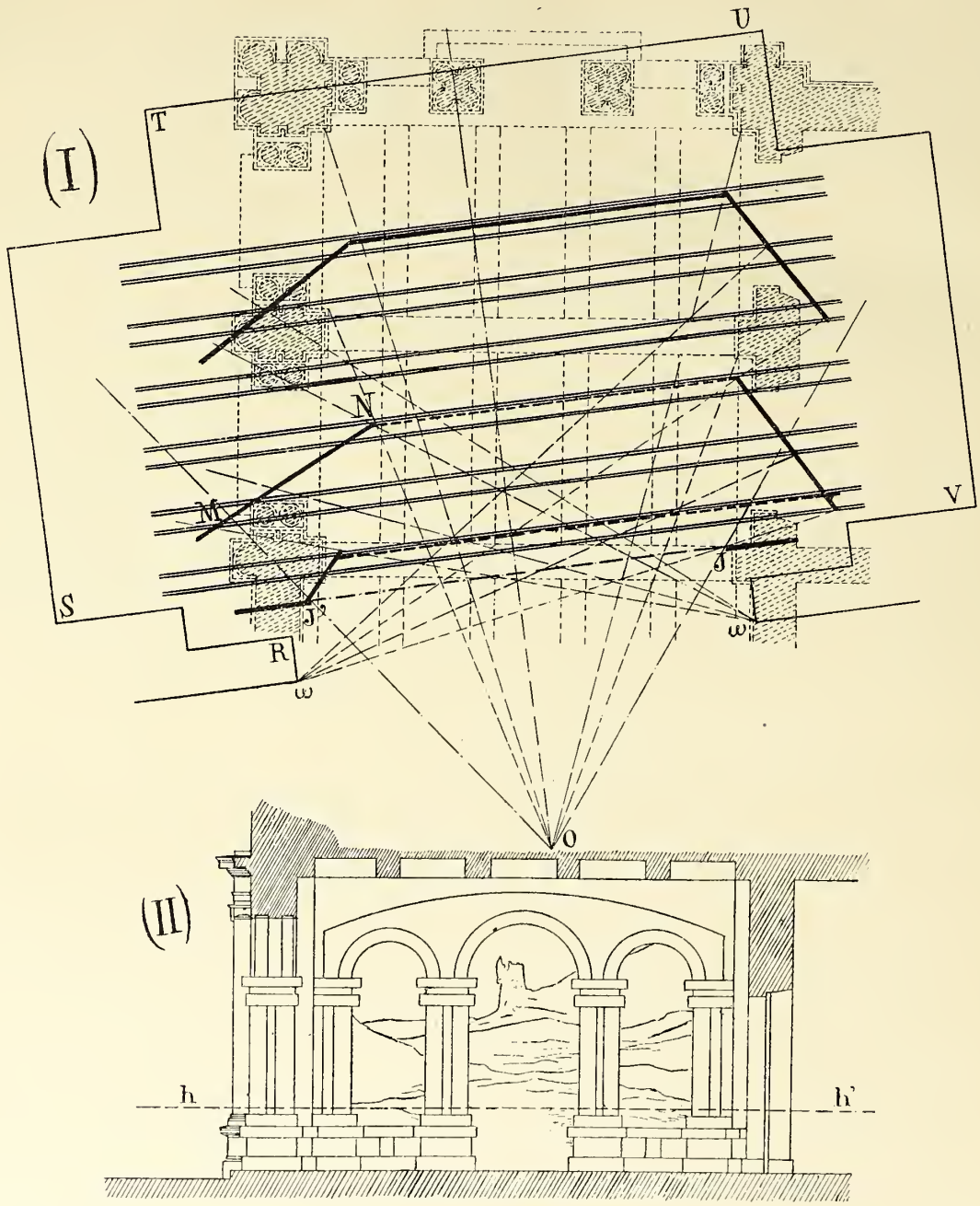
Le patin, qui sur l'élévation apparaît en M′N′, devient, en vraie grandeur le patin $M'N_1$; quant à la hauteur du châssis elle est, par convention de 7^m, 50, comptée sur sa plus grande arête M′*m′*. En réalité, le châssis est un trapèze

(1) Le patin est la ligne droite par laquelle le châssis repose sur le plancher incliné de la scène. Le patin, pour un châssis oblique, n'est donc pas perpendiculaire sur ses arêtes verticales, par le fait même de la pente de ce plancher.

et non pas un rectangle, car il doit porter sur le plancher de la scène qui est incliné généralement, comme nous l'avons dit, à la pente de 4 0/0. Mais c'est un trapèze qui est rectangle, en m' et n_1 à sa partie supérieure (fig. 443, page précédente).

(c) *Régulateurs.* — 1° *Régulateurs des profondeurs.* Le point de fuite de ces lignes est en π, obtenu (fig. I), comme on le sait, par le rayon de fuite $O\pi$, parallèle aux dominantes de profondeurs. Sur le châssis rabattu on reporte

Fig. 444



π en π', par un report de largeur : on a $N\pi$ (fig. I) $= n_1\pi'$ (fig. II). On joint $m'\pi'$ et cette ligne donne en π le régulateur des profondeurs.

2° *Régulateur des largeurs.* Les largeurs sont, ici, perpendiculaires aux dominantes de profondeurs. Le point de fuite de ces lignes se trouve en λ (fig. I). On reporte λ en λ', comme ci-dessus (fig. II) par un report de largeur ; on joint $n_1\lambda'$ et cela donne en λ le régulateur des largeurs.

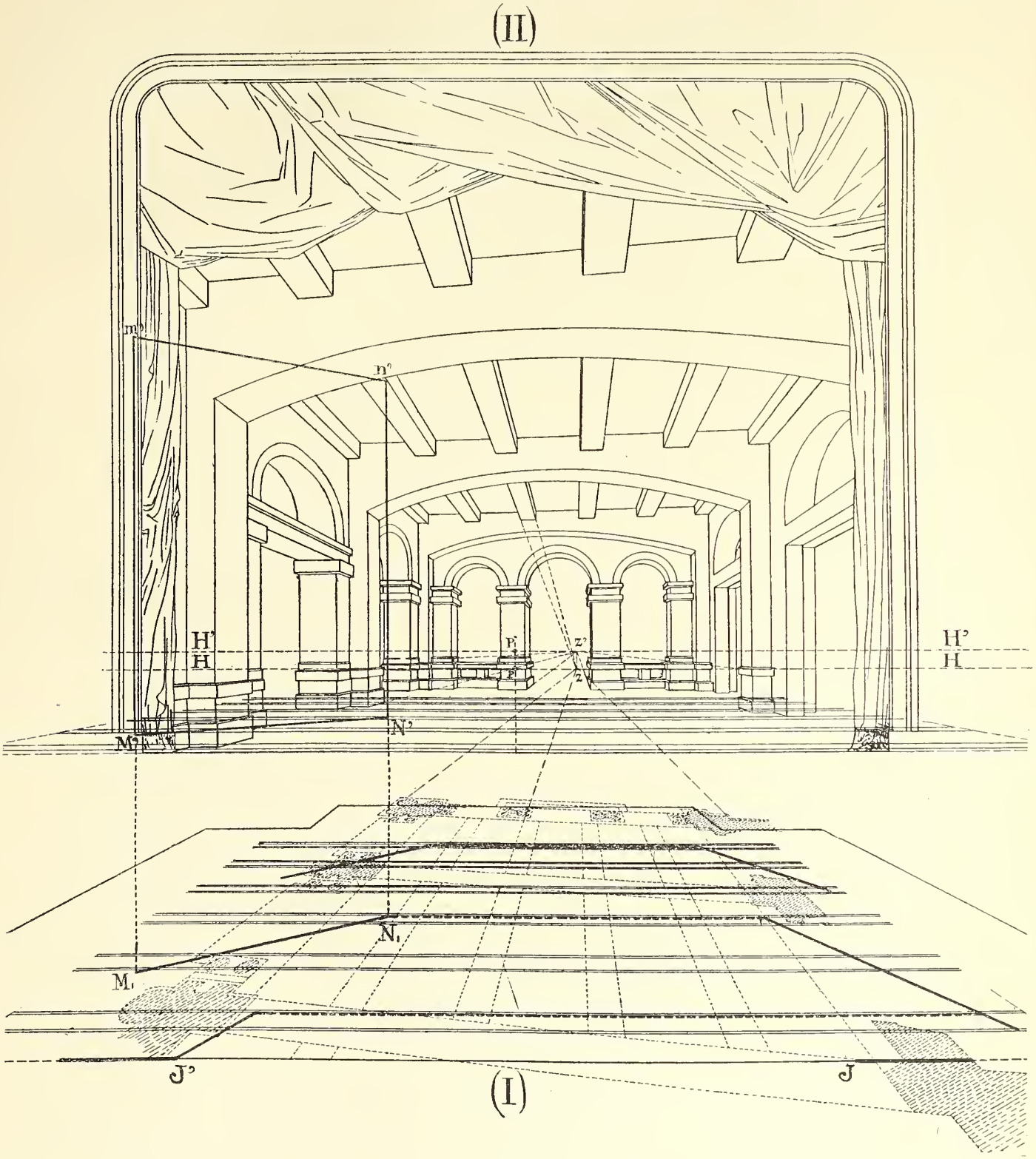
3° *Régulateur des diagonales* (ou lignes à 45°). Nous savons que ce sont les lignes de retournement, et quelles sont les bissectrices des dominantes. Le point de fuite de ces lignes est en δ (fig. I), reporté en δ' (fig. II). On joindra $n_1\delta'$, ce qui donne en δ le régulateur des diagonales.

A l'aide des trois régulateurs, le traceur pourra facilement obtenir, comme il est indiqué au n° 155, une série de réseaux perspectifs répondant aux trois directions π, λ et δ et,

par conséquent, réaliser, d'abord par masses et ensuite par détails, le tracé du motif qui doit apparaître sur ce châssis.

On procéderait de même pour les autres parties de la décoration.

Fig. 445



336. **Méthode indirecte.**

(*a*) *Données.* — La figure 444, ci-avant, indique en I :

1° Le plan de la scène RSTUV, ainsi que les positions de ses costières et de ses rues ;

2° Le manteau d'arlequin en J'J ;

3° Le plan (en pointillé) du motif de décoration ; c'est une galerie rectangulaire dont l'architecture est inspirée de *Palladio* (Basilique de Vicence).

Pour compléter ces données, la figure II donne la coupe suivant l'axe transversal de la galerie à représenter.

Le point de vue est placé en O (fig. I).

L'horizon (fig. II) est indiqué en *hh'*.

Sur un autre dessin (fig. 445), fait à l'échelle double du précédent, nous avons indiqué le *tableau-type* obtenu sur le manteau d'arlequin JJ'.

(*b*) *Les deux horizons.* — On s'est servi pour obtenir cette perspective, d'un géométral abaissé et on a employé les procédés de mise en hauteur ordinaires, décrits dans le courant de ce livre. Nous n'insistons pas sur ce point. Le plancher de la scène apparaît avec ses rues et ses costières ; et comme c'est un plan incliné il a pour ligne de fuite une horizontale H'H' qui est située au-dessus de la vraie ligne d'horizon HH. Nous nommerons la ligne H'H', l'*horizon-plancher* tandis que HH sera l'*horizon-vrai*.

Et, d'ailleurs, la distance entre les deux horizons s'obtiendra en multipliant la pente du plancher (ici 0,04) par la distance du spectateur au tableau-type (ici 8^m, 00), ce qui donne, dans le cas actuel, $8{,}00 \times 0{,}04 = 0^m, 32$.

(*c*) *Conventions.* — Toutes les horizontales de l'architecture devraient, théoriquement, avoir leurs points de fuite sur l'*horizon vrai*. C'est ce qui, sur notre dessin, a lieu pour toutes celles situées au-dessus de l'horizon vrai.

Pour celles qui seraient situées au dessous, étant convenu que le plancher incliné de la scène doit nous donner l'illusion d'un sol horizontal, il semble logique de faire que les horizontales situées dans le voisinage de ce plancher aient leurs points de fuite sur sa ligne de fuite, c'est-à-dire sur l'*horizon-plancher*.

C'est pourquoi nous proposons, pour ces lignes basses de l'architecture, de relever leur point de fuite, sur cet *horizon-plancher*.

Les décorateurs ont l'habitude de dessiner en géométral, c'est-à-dire sans effet perspectif et en raccourci complet, tout ce qui est au-dessous de l'horizon vrai.

Dans ce qui va suivre nous ne serons pas aussi absolu et nous proposerons de dessiner ce qui sera au-dessous de l'*horizon-plancher* en une sorte de *géométral mixte*, dont nous expliquerons plus loin le tracé (v. n° 338).

Néanmoins nous n'avons pas la prétention de vouloir imposer cette convention et il est fort probable que les Décorateurs ont des raisons très sérieuses pour représenter géométralement au-dessous de l'*horizon vrai* ; c'est une simple proposition que nous leur faisons.

(*d*) *Implantation de châssis.* — La figure 445-II met donc en présence deux perspectives superposées savoir : d'une part, la perspective de la décoration, c'est le *tableau-type*, et d'autre part celle de la scène.

Prenons la scène sur le géométral abaissé où les costières apparaissent à vol d'oiseau et sur laquelle nous dessinons perspectivement l'implantation de la décoration conforme à la figure précédente (fig. 444-I).

Cela posé, pour faire connaître l'application de la méthode, nous nous contenterons d'étudier le châssis MN (fig. 444) dont la perspective apparaît (fig. 445-I) par son patin en M_1N_1 sur le géométral abaissé.

(*e*) *Marche à suivre.* — La méthode indirecte va consister :

1° A déterminer sur le tableau-type (fig. 445-II) le contour perspectif M'N'*m'n'* de ce châssis ; nous le nommerons le *châssis apparent* ;

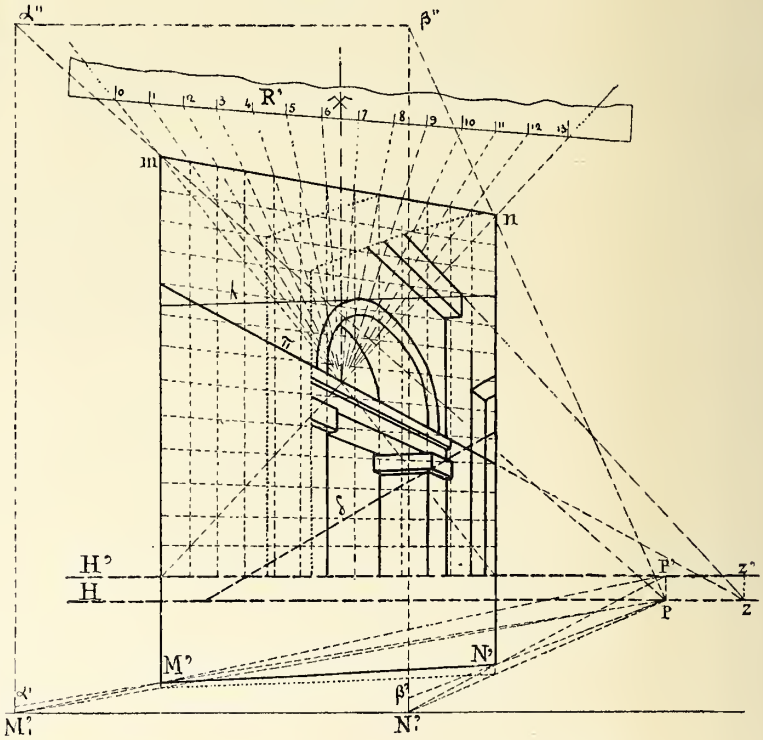
2° A chercher la vraie grandeur de ce châssis (fig. 447), ce qui donnera le *châssis vrai*.

3° A voir tout ce qui apparaît au *tableau-type* dans le châssis apparent et à le reporter, par *anamorphose perspective*, sur le châssis vrai.

337. Etude d'un châssis.

(*a*) *Limitation en hauteur* (fig. 446). — Par un glissement sur le plancher incliné de la scène, nous ramenons d'abord

Fig. 446



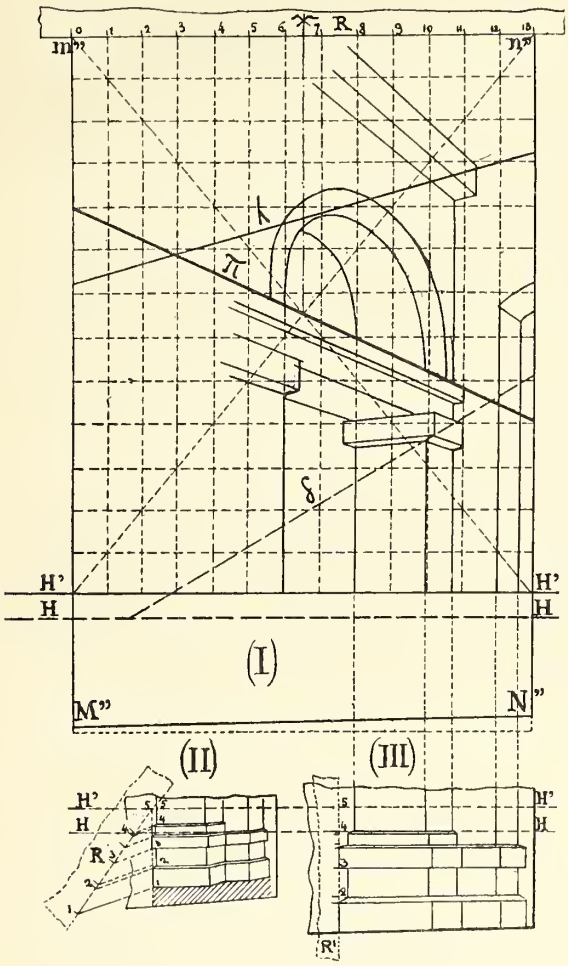
les deux rives verticales du châssis en M'_1 et N'_1 dans le tableau-type. Nous relevons ensuite en α' le point M'_1 à la hauteur qu'il occupait primitivement, avant son glissement sur le plancher de la scène, et cela par la fuyante horizontale telle que $PM'\alpha'$; nous portons enfin la hauteur convenue, $7^m,50$ de α' en α'', ce qui donne la vraie grandeur

$\alpha'\alpha''$ de la rive de gauche (côté jardin) du châssis. La fuyante horizontale α''P donne ensuite en m cette même rive de gauche, remise en place sur la scène.

Quant à la rive de droite (côté cour), le bord supérieur du châssis étant horizontal la fuyante β''P donne sa limitation supérieure en n. On a pris β'' à la même hauteur, sur le tableau-type, que α''.

(*b*) *Vraie grandeur du châssis.* — Nous avons maintenant

Fig. 447



tous les éléments de la vraie grandeur du châssis, savoir :

1° La largeur du châssis donnée en MN sur le géométral (fig. 444-I) ;

2° Les grandeurs de ses deux rives verticales déterminées par ce qui précède ;

3° Ses angles supérieurs, lesquels sont des angles droits.

Nous construisons donc avec ces données (fig. 447) le trapèze rectangle M''m'', N''n'' dont la base, *inclinée*, M''N'', donne le patin du châssis.

Il s'agit maintenant sur ce *châssis vrai*, par un report qui ne sera en réalité qu'une anamorphose perspective, de dessiner tout ce qui (fig. 445), dans le tableau type se voyait dans le *châssis apparent* $M_1N_1m'n'$.

Nous donnerons trois méthodes pour arriver à ce résultat.

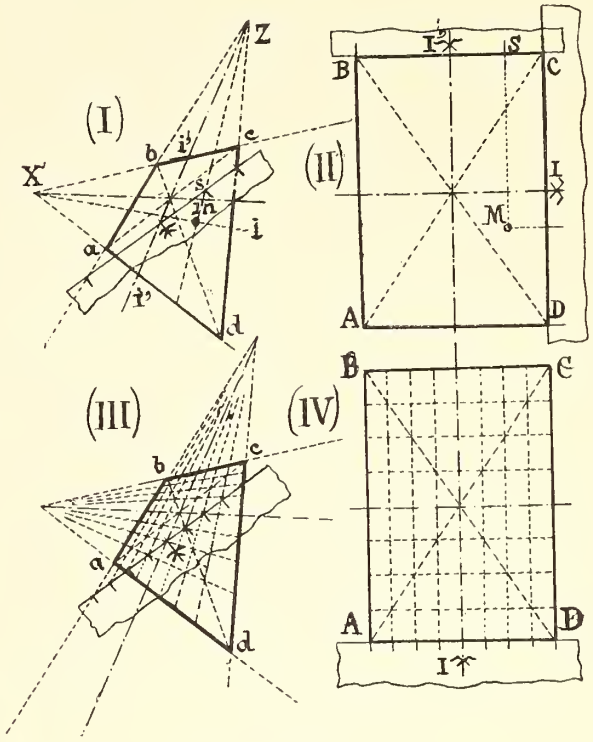
(*c*) *Report par échelles divergentes.*— Soit (fig. 448-I), d'une façon tout à fait générale, un quadrilatère *abcd*, que l'on suppose être la perspective d'un rectangle ABCD (fig. II); le point m, sur le quadrilatère est, on le suppose, la perspective d'un certain point M du rectangle ABCD. Il s'agit de déduire M de m. Voici la solution :

1° Mener les diagonales sur chaque figure.

2° Tracer les fuyantes milieu ; savoir : I et I' (fig. II) et iX, $i'Z$ (fig. I).

3° Sur une bande de papier, égale à BC (largeurs), mar-

Fig. 448



quer (fig. II) B, C et son milieu I'.

4° Inscrire cette bande de papier (fig. I) sur les trois directrices Za, Zi et Zd du quadrilatère perspectif; de telle sorte que les milieux concordent.

5° Prendre en s l'intersection avec la fuyante mz du quadrilatère et reporter enfin s en S sur le côté correspondant BC du rectangle, ce qui donne une des coordonnées (largeur) du point M.

Même opération pour l'autre coordonnée (hauteur).

(*d*) *Report par graticolage.* — Soit (fig. 448-III) *abcd*, le quadrilatère que l'on supose être la perspective d'un rectangle ABCD (fig. IV).

1° Diviser AB en un certain nombre de parties égales, en 8 par exemple et tracer les verticales du réseau ;

2° En faire autant pour AC et par les points de division tracer les horizontales.

Remarquer que les lignes de ce réseau se retournent sur

les diagonales et qu'il en sera de même pour le réseau perspectif correspondant de la figure III.

3° Diviser perspectivement (fig. III.) les côtés *ab* et *ac* du trapèze perspectif en même nombre, huit, de parties égales.

4° Cela étant fait : Un point M de ABCD se reporte facilement ensuite d'une figure sur l'autre en observant, dans les mailles du réseau, ce qui a été dit aux n°s 176 à 178, pour le graticolage.

(*e*) *Application au châssis étudié.* — La figure 447 montre le graticolage sur le *châssis vrai*. Le report perspectif du réseau a été obtenu sur le *châssis apparent* (fig. 446), soit à l'aide de la bande de papier R (fig. 447), placée en R (fig. 446), soit plus simplement encore en divisant les verticales en parties réellement égales et en retournant sur les diagonales. La perspective a été reportée ensuite comme il a été dit ci-dessus.

Nota. — Les régulateurs π, λ et δ s'obtiennent facilement en les traçant d'abord sur le *châssis apparent* et en les reportant ensuite sur le *châssis vrai*, comme on le ferait pour toute autre ligne.

(*f*) *Remarque.* — Nous n'avons fait ce report perspectif que pour les figures situées au-dessus de l'*horizon-plancher* H'. Pour ce qui est au-dessous nous donnerons ce que nous avons appelé plus haut, une représentation *géométrale mixte*, dont nous allons essayer de donner la raison d'être ; ce tracé étant purement conventionnel d'ailleurs.

338. Représentation géométrale mixte (fig. 445-II et 447-II).

(*a*) *Espaces vides aux environs du patin.* — On voit (fig. 445-II) qu'il existerait aux environs du plancher, si l'on observait rigoureusement la perspective, ce que nous nommerons des *espaces vides* entre le patin du châssis et la perspective des embases de l'architecture : quelquefois lorsqu'il s'agit d'un paysage, on masque ces espaces vides en y mettant des obstacles (verdure, plantes, pierres, etc.) dont les formes sont incertaines. Il est de toute évidence que ce n'est pas possible dans le cas présent. Alors, il est d'usage de tracer les horizontales, comme si elles se présentaient en géométral. La raison de cette convention est la suivante :

Lorsque le personnage s'éloigne vers le fond de la scène, pour les spectateurs, sa grandeur apparente diminue proportionnellement à l'éloignement qu'il prend ; mais il marche sur le plancher incliné de la scène, de sorte que les lignes de l'architecture diminuent proportionnellement beaucoup plus vite que lui, ce qui a pour effet apparent de faire grandir sa taille, par rapport aux architectures à côté desquelles il se déplace.

(*b*) *Représentation géométrale rigoureuse.* — Pour remédier à cela les Maîtres décorateurs représentent en géométral à partir de l'horizon H'H', toutes les lignes d'architecture ; cela a pour effet de corriger, dans une certaine mesure, ce défaut, puisque, en projection géométrale, les dimensions vraies ne sont pas altérées. Mais il reste toujours l'inconvénient que voici : le plancher de la scène étant incliné, le patin des châssis obliques n'est pas parallèle à la ligne d'horizon et, par conséquent, ce patin ne coïncide pas avec les lignes d'embase de l'architecture, lorsque cette architecture est figurée en un géométral rigoureux.

C'est pourquoi nous proposons le tracé *géométral mixte* qui suit : Il s'agit, bien entendu, d'un châssis oblique, car, pour un châssis de front, on dessinera, sous l'horizon, en géométral rigoureux.

(*c*) *Représentation géométrale mixte.* — 1° Nous prenons, (fig. 447-III) comme lignes extrêmes d'un réseau, d'une part, l'horizon, et d'autre part le patin, lequel est incliné.

2° Nous gardons toutes les verticales telles quelles nous arrivent de la partie déjà tracée (fig. I) au-dessus de l'horizon.

3° Nous traçons au dessous de H' les horizontales de l'architecture de telle sorte qu'elles partagent les verticales du réseau dans le rapport vrai de leurs distances respectives. Par conséquent, ces horizontales de l'architecture se présentent en *raccourci complet*, suivant les lignes convergentes du réseau, au lieu d'apparaître suivant des horizontales, comme cela se serait produit avec un dessin géométral rigoureux.

339. Emploi des appareils perspecteurs. — Les anamorphoses perspectives auxquelles peuvent donner lieu les décorations théâtrales, ainsi qu'il vient d'être dit au n° 337, peuvent se faire facilement et rapidement à l'aide des appareils perspecteurs décrits au chapitre XIV.

On y arrive notamment avec la chambre claire universelle (n° 323) en procédant comme suit (fig. 449).

(*a*) *Problème à résoudre.* — Soit, en projections ordinaires, *ab* la projection horizontale du châssis apparent et *a'b'c'd'* sa projection verticale. C'est un trapèze et nous supposons que le châssis vrai qui lui correspond ait été rabattu de front en *a'd'*C'B'.

Nous admettons : 1° que ce châssis vrai est un rectangle, et que le patin incliné y est englobé, comme si le châssis avait été prolongé au-dessous du plancher, jusqu'au plan horizontal passant par *aa'* ; et

2° qu'il a été réduit proportionnellement de manière à avoir sa rive *a'd'* commune avec le châssis apparent.

Le problème se pose ainsi :

Comment faudrait-il placer le point de vue O_1O' et le châssis vrai aB_1 pour que le châssis apparent *aba'b'* se superpose perspectivement au châssis vrai ?

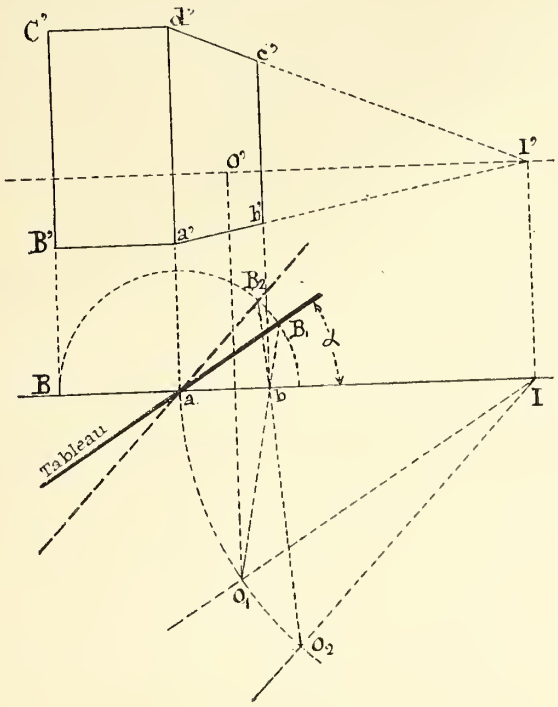
(*b*) *Solution géométrique.* — 1° le point B_1 doit être, en plan, sur la circonférence décrite de *a* comme centre avec la largeur *a*B du châssis vrai comme rayon.

2° Si aB_1 est la position choisie pour le châssis vrai, faisant l'angle α avec *ab*, l'œil doit, pour que la superposition

se produise, se trouver, en plan, quelque part sur la ligne B_1b.

3° Considérant que aB_1 est en réalité un tableau sur lequel le trapèze $a'b'c'd$, regardé du point de vue O_1, doit appa-

Fig. 449



raître perspectivement suivant un rectangle, il faut, pour cela, que le plan neutre correspondant contienne le point de concours II' des côtés non parallèles du trapèze (v. n° 136) ; autrement dit : il faut que l'œil O_1 soit, en plan, sur la droite IO_1 menée parallèlement au tableau que constitue le châssis vrai B_1a ; donc :

4° Le point de vue O_1 est à l'intersection des droites B_1b et IO_1, ce qui le détermine.

5° Quant à la hauteur O' de l'œil elle doit être la même que celle du point de concours I' afin d'avoir un rectangle pour le châssis vrai ; autrement on aurait un parallélogramme au lieu d'un rectangle.

(*c*) *Remarque.* — Il y aura une infinité de solutions telles par exemple que IO_2 et aB_2, mais on aura toujours l'égalité de rapports : $aB_1 : O_1I = ab : bI$ (rapport constant). Donc le lieu des points de vue possibles O_1O_2, etc., sera une circonférence décrite de I comme centre et le point fixe b sera le centre de similitude des deux circonférences O_1O_2... et B_1B_2...

(*d*) *Réalisation par la vitre italienne.* — Cela posé, plaçons l'œil en O_1O' et assimilons le châssis apparent ab — $a'b'$ à la *vitre italienne* du n° 319, au travers de laquelle on pourrait voir. En disposant en aB_1 derrière la vitre, une planche verticale inclinée à l'angle α sur la vitre, on pourrait décalquer sur cette planche, avec la pointe d'un crayon, l'image du trapèze $aba'b'$, ce qui donnerait le rectangle du châssis vrai.

340. Emploi spécial de la chambre claire.

(*a*) *Solution théorique.* — La chambre claire a précisément pour effet de reporter sur un plan généralement horizontal ce qui, avec la vitre italienne, apparaissait sur un plan vertical et d'en donner une image virtuelle équivalente à une image transparente ;

Par conséquent, disposons une table qui, comme un dessus de pupitre, ferait l'angle α avec le plan horizontal et, sur cette table inclinée, nous pourrons dessiner le châssis vrai.

En éloignant ou en rapprochant de l'œil cette table, tout en lui conservant son inclinaison α, on amènera l'image du châssis vrai à posséder la grandeur absolue que l'on voudra.

(*b*) *Dessin sur pupitre incliné.* — On aura deux meubles très simples, savoir :

1° Un chevalet vertical à vis, comme sont, chez les peintres, les chevalets d'atelier ;

2° Un pupitre dont la charnière sera placée bien perpendiculairement au plan vertical du chevalet.

Sur le pupitre, on piquera la feuille de papier qui devra recevoir le dessin du châssis vrai (rectangle) ; sur le chevalet on fixera, collé sur une planchette, le dessin du châssis apparent (trapèze) en ayant soin de placer, bien verticales, ses rives, c'est-à-dire les côtés parallèles du trapèze.

Au préalable, la chambre claire aura été attachée à la planche et en agissant sur ses tiges, elle aura été mise par rapport au châssis apparent, dans la position que l'épure précédente (fig. 449) permet de déterminer en O_1 O'.

Dès lors, si nous donnons au pupitre l'inclinaison α, que la même épure fait connaître, et si nous le plaçons sous l'œilleton, nous pourrons y dessiner le châssis vrai (rectangle) dans ses proportions vraies.

En agissant ensuite sur la vis du chevalet, on élèvera ou on abaissera la planchette, et avec elle la chambre claire, et on modifiera à volonté, mais sans changer ses proportions, la grandeur absolue du châssis vrai qui apparaît sur le pupitre.

(*c*) *Dessin sur table horizontale.* — L'inventeur de la chambre claire universelle, **M. Benoist**, évite de dessiner sur un plan incliné.

A cet effet, il imagine que l'on fasse tourner l'ensemble formé par le pupitre, par la planchette et par la chambre claire attachée à cette dernière, d'un angle α égal et de sens contraire à celui qu'aurait dû, avec l'horizontale, faire le pupitre. Ce dernier redeviendra horizontal, mais le châssis vrai y apparaîtra toujours comme avant la rotation, c'est-à-dire rectangulaire. Dès lors le montage de l'appareil se fait très simplement comme suit :

1° On fait d'abord l'épure de la figure 449 ; on en déduit

la position à donner à l'œil pour que la transformation du châssis apparent, donné, en châssis vrai, demandé, soit possible et aussi la pente α du pupitre qui lui correspondrait;

2° On attache la chambre claire sur la planchette, conformément aux données de l'épure précédente;

3° On fixe alors sur le chevalet la planchette, et la chambre claire qui lui est attachée, mais en faisant faire aux rives du châssis apparent, avec la verticale, l'angle α ci-dessus;

4° Dans ces conditions, l'image sur une table horizontale quelconque donnera le châssis vrai, c'est-à-dire rectangulaire, dans les proportions demandées;

5° En modifiant ensuite, avec la vis du chevalet, la hauteur de la planchette et de la chambre claire qui lui est attachée, on amènera le châssis vrai à avoir sur la table, laquelle n'aura pas bougé, les dimensions absolues que l'on désire.

(*d*) *Remarque.* — Après cette rotation, l'image sur la table n'est plus à plomb de l'œilleton de la chambre claire; elle est plus ou moins déviée, soit à gauche, soit à droite; mais cela n'est pas autrement gênant pour dessiner.

(*e*) *Procédé simplifié.* — M. **Benoist** simplifie encore cette méthode d'anamorphose théâtrale. A cet effet :

1° Il place le prisme de sa chambre claire au véritable point de vue théâtral, devant le tableau-type, et il attache la chambre à la planchette qui porte ce tableau-type;

2° Il mesure l'angle α que fait, avec le plan de ce tableau-type (manteau d'arlequin), le châssis vertical oblique sur lequel on veut faire l'anamorphose;

3° Il incline de ce même angle α la planchette et, avec elle, la chambre claire qui y est attachée; dès lors, sur une table horizontale, la chambre claire fait apparaître, mais déviée, l'anamorphose demandée; un déplacement en hauteur l'amène ensuite à la dimension voulue.

Ce procédé, très simple et très pratique, s'applique aussi bien aux châssis verticaux obliques qu'aux plafonds; nous engageons vivement les Maîtres-décorateurs à l'essayer (1).

(1) Pour plus de détails voir *Chambre claire universelle* : Notice explicative par Th. Benoist (pages 22 et suivantes). Librairie des Arts du Dessin et de la Construction.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

Première Partie. — LES OMBRES USUELLES

Pages.

Chap. I. — **Généralités** : I. Définitions. — II. Les trois méthodes pour la recherche des ombres. — III. Les trois théorèmes généraux 1

Chap. II. — **Ombres portées sur les plans de front** : I. Ombres portées sur un seul plan ; points ; droites ; circonférences. — II. Ombres portées sur plusieurs plans ; ressaut des ombres ; moulures. — III. Applications à l'architecture ; escaliers ; ombres portées sur des toits . 5

Chap. III. — **Ombres pour des surfaces de révolution, en saillie** : (A). *Ombres propres.* — I. Cônes ; cylindres. — II. Surfaces de révolution ; sphère ; tore. — (B). *Ombres portées.* — I. Cônes ; cylindres ; gouttes ; listel saillant. — II. Surfaces de révolution quelconques ; listel avec congé ; astragale 12

Chap. IV. — **Ombres pour les surfaces de révolution, en creux** : I. Cônes et cylindres ; ombre du pont ; listel rentrant ; arc doubleau ; trou de loup. — II. Voûtes cylindriques ; berceau ; voûtes d'arêtes ; lunette droite. — III. Voûtes sphériques ; écuelle ; niche sphérique ; cul de four ; doubleau sphérique ; pendentifs. 20

Chap. V. — **Applications** : I. Ordres d'architecture ; chapiteau dorique ; fronton ; portail dorique ; base attique ; chapiteau ionique ; chapiteau corinthien. — II. Détails d'architecture ; balustre ; fonts baptismaux. — III. Exercices ; amortissement ; anneaux enlacés ; chapiteau byzantin ; niche avec bénitier et lampe ; coupole sphérique. 29

Deuxième Partie. — LE RENDU

Chap. I. — **Généralités** : I. Définition et expériences ; lumière directe ; reflets. — II. Principe des orientations et ses conséquences. — III. Principe des couleurs et ses conséquences ; tons simples et tons composés ; couleurs complémentaires. — IV. Principe des distances et ses conséquences ; perspective aérienne. — V. Effets physiologiques ; contraste ; irradiation. 47

Chap II. — **Les trois sphères types et les lignes d'égales teintes** : I. Sphère dépolie ; les trois zônes caractéristiques. — II. Sphère polie. — III. Sphère mipolie. — IV. Echelles de teintes ; surfaces en saillie ; surfaces en creux. — V. Pratique du lavis. 57

Chap. III. — **Rendu des surfaces géométriques** : I. Surfaces de révolution ; tore. — II. Raccordement des surfaces ; cylindre et plan ; cylindres entre eux ; tores et cylindres ; crochet de poulie ; nervures ; polyèdres. . 73

Chap. IV. — **Rendu d'architecture** : I. Murs et surfaces planes ; porche et escaliers ; denticules. — II. Moulures cylindriques ; entablement. — III. Moulures de révolution ; perles et pirouettes ; vase cratère ; amphore ; piédestal et balustre ; chapiteau dorique ; vis triangulaire 83

Chap. V. — **Rendu de machines** : I. Tourillons, vis et boulons ; verin. — II. Manivelles et paliers ; chaises. — III. Organes divers ; moufle lyonnais ; joint de cardan ; robinet conique 98

Troisième Partie. — PERSPECTIVE

Chap. I. — **Généralités** : I. Esprit des méthodes perspectives. — II. Définitions ; le tableau ; le géométral ; coordonnées perspectives. — III. La droite et le plan ; points de fuite et lignes de fuite ; l'épure et le tableau . 111

Chap. II. — **Perspective du géométral ; méthodes de perspective générale** : I. Points de fuite et points de distance correspondants ; points principaux ; points accidentels. — II. Emploi des points principaux ; perspective d'un quadrilatère ; amplification directe. — III. Emploi des points accidentels ; plan régulier ; dominantes ; méthode des trois échelles 118

Chap. III. — **Perspective directe sans les points principaux** : I. Reproduction ou évaluation de rapports ; division de lignes droites. — II. Tracé de parallèles ayant des points de fuite inaccessibles ; réseaux perspectifs ; régulateurs ; règle évidée ; échelle extensible. — III. Délinéateurs de convergence ; parallélogrammes articulés ; trirègles. — IV. Usage des trirègles de MM. Nicholson, J.-J. Pillet, Guichard 126

Chap. IV. — **Premières applications** : I. Représentations de figures géométriques ; carrelages et parquetages ; choix des données ; chercheur perspectif ; vues de front et vues obliques ; échelles divergentes. — II. Représentation de figures irrégulières ; graticolage ; application à un plan d'édifice, à des jardins 136

Chap. V. — **Perspective directe exigeant les points principaux** : I. Carrés et cercles de front ; méthode des 8 points ; méthode des échelles circulaires. — II. Relèvement (mise de front) du géométral ; point et ligne droite ; triangle ; recherche directe de points de fuite. — III. Applications ; carrelage. 147

Chap. VI. — **Perspective des cercles horizontaux** : I. Théorie ; cercle à diamètre fuyant ; colonnes cannelées ; cercles concentriques. — II. Applications ; Plan d'escalier circulaire ; rosace. — III. Compléments ; perspective elliptique, hyperbolique ou parabolique d'un cercle ; bancs d'un cirque 156

Chap. VII. — **Perspective des élévations** : I. Problème général de la mise en hauteur ; point ; échelle des hauteurs ; perspective d'une croix. — II. Applications (Exa-

Pages.

mens du professorat de dessin) : 1° Escalier extérieur ; 2° Tabouret ; 3° Denticules ; 4° Colonne prismatique de *Beni-Hassan*. — III. Perspective immédiate ; un baquet. 163

Chap. VIII. — **Perspective directe dans l'espace** : I. Problèmes généraux ; points ; plans ; droites ; intersections. — II. Perspective directe des moulures rectilignes ; piédestal ; fronton ; autel égyptien ; partie d'ante ; corniche dorique. — III. Perspective directe des moulures tournantes ; archivoltes ; vase cratère ; base dorique ; chapiteau dorique ; chapiteau ionique. — IV. *Mise de front d'une figure plane* ; méthode de la corde de l'arc ; changement de géométral ; vraie figure d'un triangle. . 178

Chap. IX. — **Images par réflexion dans des miroirs plans** : I. Généralités ; lois physiques. — II. Applications ; nappes d'eau ; miroirs verticaux ou inclinés. . . 198

Chap. X. — **Ombres en perspective** : I. Généralités ; flambeau ; soleil ; ombres portées ou recues par des surfaces géométriques ; emploi des trirègles. — II. Applications ; salle voûtée ; cylindre et corniche ; support de vasque ; méthode par report du géométral. 203

Chap. XI. — **Restitutions perspectives** : I. Restitutions précises ; ligne d'horizon ; points principaux ; cas divers. — II. Restitutions visuelles ; déplacements divers du spectateur ; dérogations aux règles de la perspective ; points de fuite multiples. 218

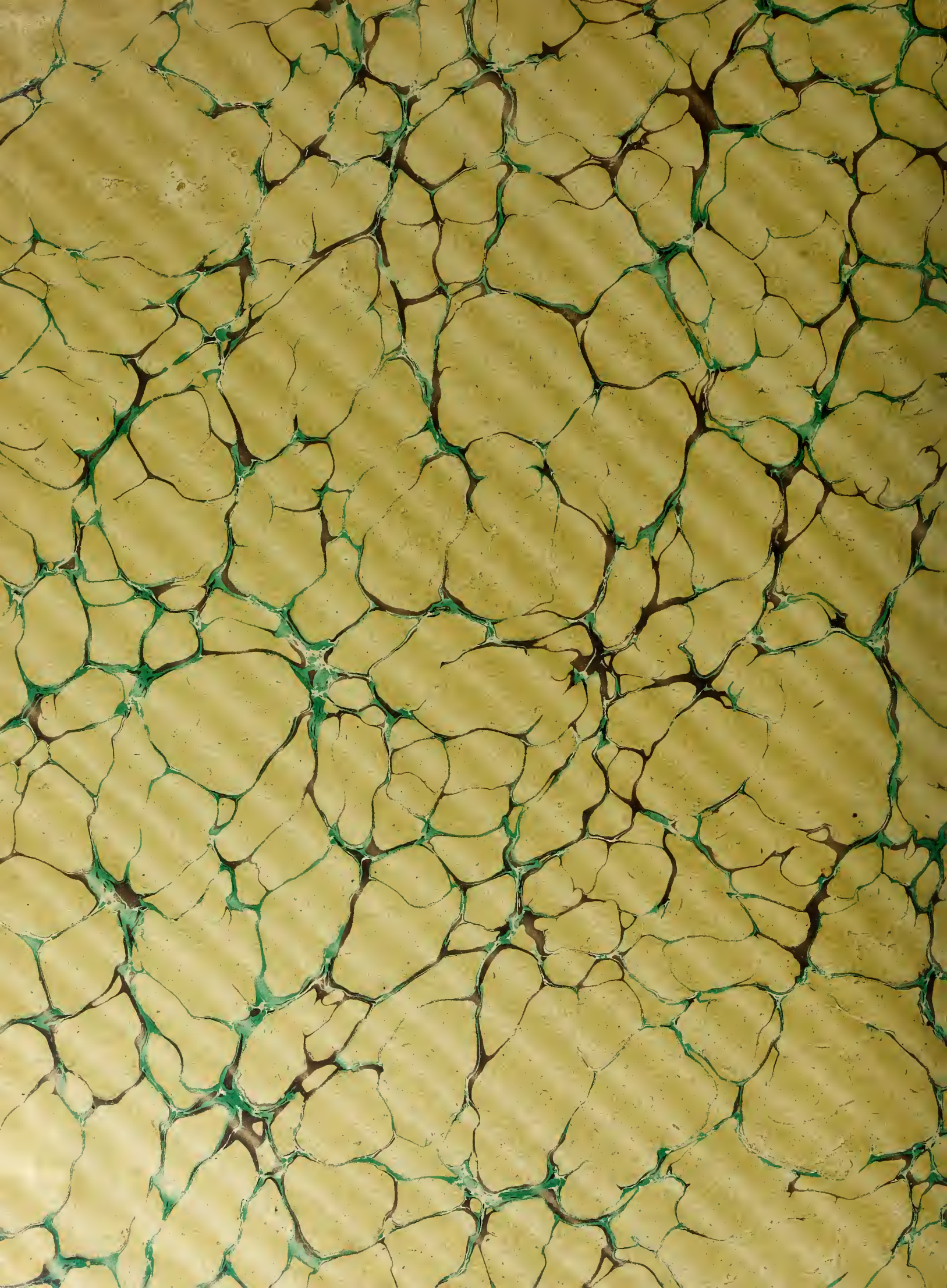
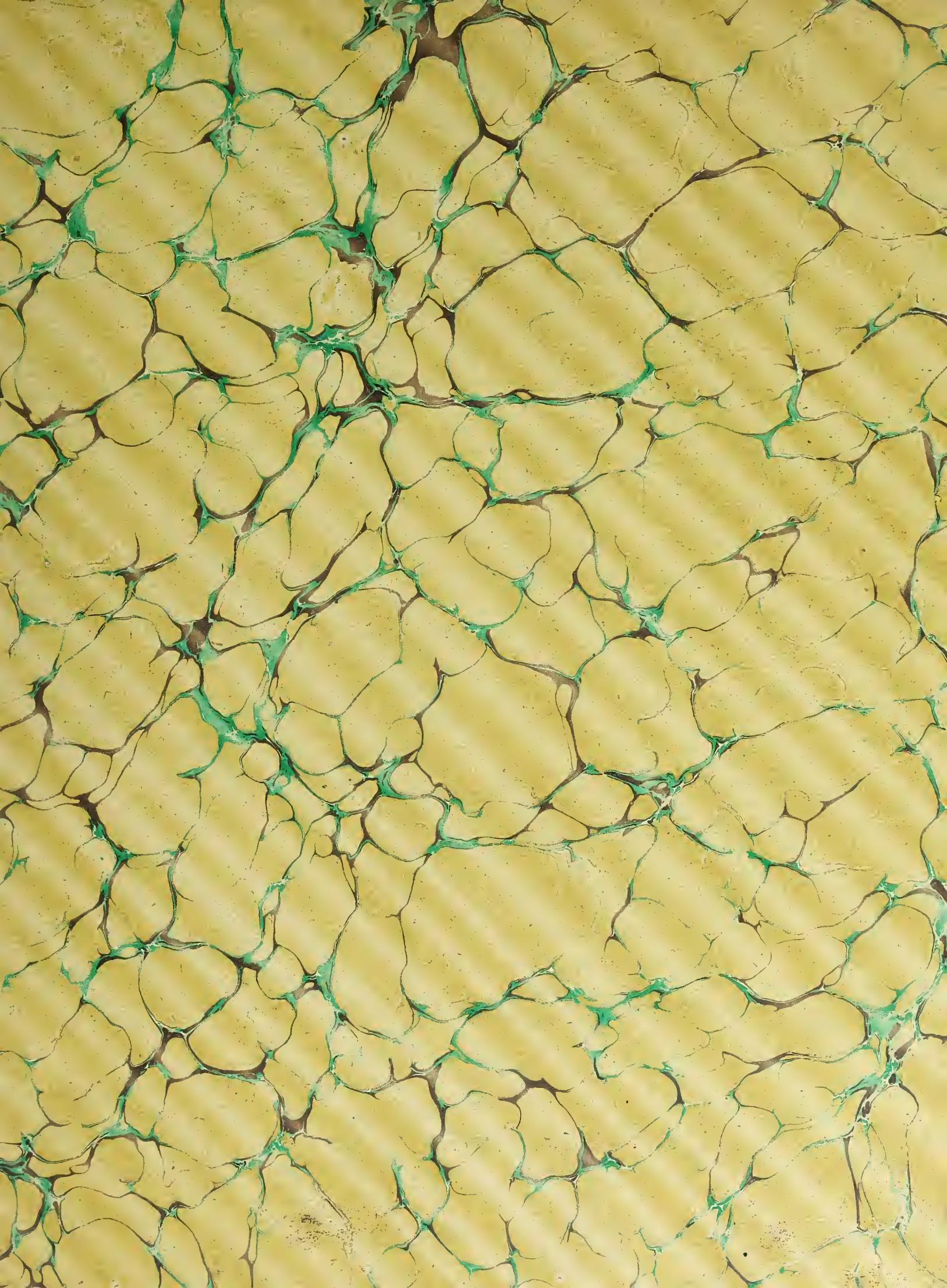
Chap. XII. — **Dessin d'après nature** : I. Relevé géométral ; mise en feuille ; esquisse ; préparation et mesure des cotes ; appareils de mesure ; levé de machines. — II. Perspective d'observation ; l'observation et la mensuration ; rapports et pentes de lignes droites ; lignes courbes. — III. Coordination et mise en place première ; chercheur ; repères ; verticales premières ; horizon naturel ; verticales secondes ; dominantes. — IV. Connaissances : A. Perspective linéaire usuelle ; B. Effets de lumière ; C. Perspective aérienne ; D. Perspective physiologique. — V. Applications : A. Dessin à vue d'objets usuels, une caisse, une table ; B. Dessin à vue d'un paysage. 227

Chap. XIII. — **Perspectives de convention** : I. Perspective cavalière ou projections obliques ; assemblages de charpente ; cercles ; sphères. — II. Perspective axonométrique ; perspective isométrique 250

Chap. XIV. — **Appareils perspecteurs** : I. Perspecteurs physiques ; la vitre italienne ; chambres claires de Wollaston, du Colonel Laussedat, de M. Benoist. — II. Perspecteurs mécaniques de MM. de Arrigunaga, Fiorini, A. Prix, H. Ritter, J.-J. Pillet, G. Coquelet. . . . 251

Chap. XV. — **Perspective théâtrale** : I. Généralités ; définitions ; scène ; point de vue ; manteau d'arlequin ; tableau type ; maquette ; rues ; trappes ; costières ; fermes ; châssis ; découvertes, etc. — I. Méthode directe ; implantation ; dessin d'un châssis ; régulateurs. — II. Méthode indirecte ; châssis apparent sur le tableau-type ; transformation en châssis vrai. — III. Conventions et simplifications ; représentation sous l'horizon par dessin géométral vrai ou mixte ; emploi des appareils perspecteurs ; chambre claire. 267

Table des matières 279

Bar-le-Duc. — Imprimerie Comte-Jacquet. Facdouel, Dir.

GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00594 1196